This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

HN 432

MÉLANGES

DE

GÉOLOGIE ET DE PHYSIQUE GÉNÉRALE

PAR

ALEXANDRE DE HUMBOLDT

TRADUITS

Par **CH. GALUSKY**

TOME PREMIER

PARIS

GIDE ET J. BAUDRY, ÉDITEURS

RUE BONAPARTE

1854

H.N. 432

OTHEEK GENT

MÉLANGES

DE

GÉOLOGIE ET DE PHYSIQUE GÉNÉRALE

Les éditeurs ont reproduit aussi avec le plus grand soin l'Atlas que M. de Humboldt a joint à l'édition allemande de cet ouvrage. Il est composé de 12 cartes représentant les Cordillères de Quito et du Mexique. — On peut l'acquérir séparément.

Les formalités prescrites par les lois nationales de chaque État, ou par les traités internationaux, ayant été accomplies, toute reproduction illégale de cette traduction sera poursuivie par les Éditeurs.

PARIS. — IMPRIMÉ PAR E. THUNOT ET Cᵉ
26, rue Racine

MÉLANGES

DE

GÉOLOGIE ET DE PHYSIQUE GÉNÉRALE

PAR

ALEXANDRE DE HUMBOLDT

TRADUITS

Par **CH. GALUSKY**

TOME PREMIER

PARIS

GIDE ET J. BAUDRY, ÉDITEURS

5, RUE BONAPARTE

Ancienne rue des Petits-Augustins

1854

BIBLIOTHÈQUE DE L'UNIVERSITÉ DE GAND

AU PROFOND

ET INGÉNIEUX EXPLORATEUR DE LA NATURE

AU PLUS GRAND GÉOGNOSTE DE CE SIÈCLE

à Léopold de Buch

faible témoignage d'une amitié de soixante ans que rien n'a jamais troublée.

Berlin, janvier 1853.

Alexandre de Humboldt.

AVERTISSEMENT

DU TRADUCTEUR

En même temps qu'il poursuit le cours de ses travaux et se met en mesure de remplir toutes ses promesses, M. A. de Humboldt trouve, dans une activité que l'on admirait quand il était jeune, et à laquelle le temps n'a rien ôté, le moyen de revenir sur des œuvres qui appartiennent à une autre époque de sa vie. Il a réuni récemment des Mémoires sur des sujets divers, qui n'ont guère d'autre unité que l'unité de la science, mais dont la variété même frappe de respect, en offrant une image de cette noble existence à laquelle rien de ce qui intéresse l'intelligence humaine n'est demeuré étranger. La plupart de ces écrits reparaissent sans changement. Ce n'est que dans des notes et des appendices que M. de Humboldt les a ramenés au niveau actuel des connaissances. Quel que soit le motif qui lui a fait préférer cet arrangement, il a bien fait : il n'a point à dissimuler ses erreurs ; ses observations et ses découvertes, alors même qu'elles ont été depuis complétées ou rectifiées, sont acquises à l'histoire des Sciences. Quelques-

uns des Mémoires que l'on va lire ont été d'abord composés en français; mais les Recueils dans lesquels l'auteur les avait insérés ne s'adressaient qu'à un public trop peu nombreux, et sont d'ailleurs devenus d'une telle rareté que les travaux qu'ils renferment étaient presque perdus pour tout le monde. Nous avons donc jugé à propos, en traduisant la partie allemande de cet ouvrage, d'en reproduire la partie française. M. de Humboldt avait voulu d'abord faire un choix; il n'osait, disait-il, offrir ces Mélanges à la France sous leur forme allemande, et dans un ensemble qui lui paraissait trop complet. Les éditeurs et le traducteur de ce livre n'ont pu accepter pour leur pays cette marque de défiance; c'est le seul des désirs de M. de Humboldt auquel ils n'aient pas cru devoir déférer.

Toutes les épreuves des Mémoires de géologie ont été soigneusement revues par M. Laugel, ancien élève de l'École polytechnique et de l'École des mines. M. de Humboldt me charge de lui en témoigner sa reconnaissance. M. Laugel me permettra de faire remonter une partie de ces remercîments à M. Élie de Beaumont, qui me l'a fait connaître, en se réservant de prononcer sur toutes les questions pour lesquelles il pourrait être nécessaire de recourir à son expérience. Cette traduction doit beaucoup aussi à l'obligeance et au savoir de M. J.-A. Barral.

C. G.

PRÉFACE DE L'AUTEUR

Si, en composant ce Recueil, j'ai pris la résolution de joindre à des travaux récents des travaux déjà fort anciens, j'ai été mû surtout par le désir de prévenir ces compilations fastidieuses, dans lesquelles on réimprime sans choix, et uniquement d'après l'ordre chronologique, des essais surannés, eu égard à l'état actuel de la science, ou dont quelques parties seulement peuvent encore contribuer à répandre d'utiles connaissances. Cet aveu sera, j'espère, la justification de mon entreprise; un écrivain qui, depuis plus de soixante années, entretient avec le public un commerce non interrompu, ne demandera pas en vain, vers la fin d'une existence agitée, l'indulgence dont il a déjà reçu tant de témoignages.

Je choisis dans mes premiers travaux ceux seulement auxquels je puis me flatter que les juges compétents veulent bien accorder encore quelque attention, et qui depuis, agrandis par une génération nouvelle, ont été rendus plus féconds, grâce à l'heureux développement des idées qu'ils contenaient

en germe. Mon choix a porté de préférence sur les écrits épars dans des Recueils périodiques, ou qui, publiés dans des ouvrages de luxe, étaient restés peu accessibles au public. Il m'a paru qu'il pouvait être utile à l'histoire de telle ou telle science de reproduire ces travaux sous leur forme primitive; mais en même temps j'ai eu soin de les ramener, dans des notes et dans des appendices, au niveau actuel de nos connaissances, et de les accommoder aux nouvelles nomenclatures et aux formes de langage qui ont prévalu récemment.

Presque toute la première partie de ce volume est consacrée à des souvenirs géognostiques, recueillis dans les Cordillères de l'Amérique méridionale. On y lira successivement la description du volcan de Pichincha, au pied duquel est située la ville de Quito; celle du plateau de Bogota dans la Nouvelle-Grenade, avec son champ des Géants, semé d'ossements fossiles d'Éléphants et de Mastodontes; enfin le récit de deux tentatives pour gravir la cime du Chimborazo. Tout ce qui a trait à l'exploration du Pichincha était demeuré inédit jusqu'à ce jour; la description du plateau de Bogota et celle du Chimborazo, auquel se rattache naturellement le Yana Urcu, volcan jadis enflammé, qui s'élève à une faible hauteur près du pied de cette colossale montagne, ont été publiées dans les premières livraisons du Recueil intitulé *Deutsche Vierteljahrschrift* et dans l'*Astronomisches Jahrbuch*

de Schumacher, mais n'étaient connues que d'un petit nombre de lecteurs. Je n'ai pas cru devoir séparer des détails géognostiques sur la configuration des montagnes le récit des accidents auxquels sont exposés les voyageurs, et qui ne sont pas toujours sans dangers. La hardiesse d'un excellent observateur, préparé par des études sérieuses à ces expéditions, de M. Sébastien Wisse, qui, accompagné du jeune Garcia Moreno, a passé, par dévouement à la science, plusieurs nuits dans le cratère du Pichincha, excitera un intérêt général mêlé d'étonnement.

La révolution qu'a subie la géognosie dans les vingt-cinq premières années du XIX^e^ siècle vient en partie de ce que l'on a reconnu le lien qui unit la formation trachytique et l'activité volcanique, de ce que l'on a déterminé plus sûrement l'âge des roches d'après les organismes fossiles qu'elles contiennent, de ce que l'on a jeté un regard plus pénétrant sur la nature, et mieux saisi l'harmonie des êtres qui ont disparu de la terre. A la vérité, cette révolution a enlevé une grande partie de leur valeur à des souvenirs géognostiques qui remontent aussi haut que les miens. Les observations sont restées souvent incomplètes, faute de principes qui pussent guider l'observateur, et parce qu'il n'avait nul moyen de distinguer des caractères différentiels, qui n'ont été mis en lumière que plus tard. Toutefois, ces anciens travaux

ont une valeur qui ne saurait être contestée : c'est l'exactitude dans les mesures et dans les descriptions ; c'est la connaissance particulière des divers gisements, dans les lieux où des soulèvements de roches plutoniques ou volcaniques n'en ont pas rendu la superposition confuse ; c'est enfin l'utilité constante dont peuvent être des collections de roches que l'on a soi-même recueillies, et auxquelles on a joint des notices sur les circonstances relatives de leur position. Qu'il me soit permis à ce sujet de rappeler que les deux collections de coquilles fossiles dont l'une avait été rapportée par moi en 1804, dont l'autre a été recueillie en 1808 par Charles Degenhardt sur d'autres points de la chaîne tropicale des Andes, sont la source à laquelle le grand géognoste qui a le plus efficacement contribué à régénérer la science, et auquel j'avais dédié ce livre dans un temps où je pouvais jouir encore de son commerce instructif et fortifiant, a puisé la croyance à la vaste diffusion de la formation crétacée dans ces hautes cimes de montagnes. Bien des voyageurs quitteront encore les côtes de l'Europe avant que cette science incomplète, comme l'appelle lui-même Léopold de Buch, se soit définitivement constituée ; ils auront la consolation de penser que, soit qu'ils le sachent, soit qu'ils l'ignorent, ils contribueront, par tout ce qu'ils auront observé ou recueilli, à rapprocher la science de ce but auquel elle doit tendre toujours, sans se

flatter de l'atteindre jamais, à savoir le complet achèvement du système géognostique.

Les deux collections dont je viens de parler et celles de mes amis Boussingault, Pentland et Joaquin Acosta, m'ont fourni le moyen de distinguer sûrement le feldspath commun ou orthoclase, l'albite, l'oligoclase et le mica à base de potasse et de magnésie, dans les lieux où la composition des masses montagneuses permet de reconnaître les formations américaines de trachyte, de dolérite ou de porphyre. Mon compagnon de voyage en Sibérie, Gustave Rose, a étudié, à différentes époques, ces collections recueillies au Mexique, dans la Nouvelle-Grenade, à Quito, dans le Pérou et dans la Bolivie, lorsqu'il était occupé de son grand et beau travail sur le groupe des feldspath et sur les formations granitiques.

Les Mélanges de géognosie sont suivis de trois Mémoires sur des sujets de physique générale; ce sont : 1° ma théorie des Lignes isothermes, qui, publiée dans le tome II des *Mémoires de la Société d'Arcueil*, était épuisée depuis longtemps; 2° un travail sur la Composition de l'Atmosphère, fait avec Gay-Lussac en 1805, et inséré dans le tome LX du *Journal de Physique;* 3° un Mémoire sur l'Accroissement nocturne de l'intensité du Son, publié en 1820 dans les *Annales de Chimie et de Physique.* Le premier et le second de ces écrits reparaissent sans

changements, et constatent l'état de la science au moment où ils ont été composés. Le Tableau des zones isothermes, dressé d'abord par moi en 1817, et publié de nouveau, en 1841, dans le tome troisième de mon *Asie centrale*, avec les développements considérables de Guillaume Mahlmann, contient aujourd'hui, tel qu'il est joint à ce volume, 506 stations. Je suis redevable d'additions si importantes et si nécessaires, à l'amitié prévenante d'un homme qui, ainsi que je l'ai dit ailleurs, s'efforce, avec toute la pénétration et la persévérance dont il est doué, de fonder sur une base solide la théorie de la distribution de la chaleur à la surface du globe terrestre.

Le travail de chimie que j'ai entrepris à Paris avec mon cher Gay-Lussac, peu de temps avant de partir tous deux pour l'Italie, afin d'en remplacer un autre fort incomplet que j'avais lu à l'Institut en 1798, avait un triple but. Nous nous proposions d'apprécier la valeur elative des méthodes eudiométriques, d'évaluer exactement la quantité d'oxygène contenue dans l'air, et de déterminer les effets de l'eau saturée d'air, en contact avec des gaz purs et mélangés. Dans cette longue suite d'expériences, nous avons reconnu le rapport constant suivant lequel les deux éléments principaux, l'oxygène et l'hydrogène, se réunissent pour former de l'eau. Cent parties d'oxygène exigent deux cents parties d'hydrogène. La découverte de ce rapport, à laquelle Gay-Lussac attachait

dès lors une grande importance, et qui, trois années plus tard, le conduisit à la loi générale des rapports simples dans les combinaisons des gaz, appartient exclusivement à ce grand chimiste. Je n'ai fait que prendre part aux expériences qui l'ont confirmée. Comme dans un grand nombre d'ouvrages de chimie, on nous fait honneur à tous deux d'avoir déterminé les parties constitutives de l'eau, j'ai cru devoir charger expressément Arago de rectifier cette erreur, dans l'Éloge de Gay-Lussac qu'il a lu, en 1852, à la séance annuelle de l'Académie.

D'après les analyses de l'air atmosphérique faites par Gay-Lussac et par moi, du 17 novembre au 23 décembre 1804, la quantité d'oxygène était égale à 0,21. Ce résultat concorde d'une manière satisfaisante avec ceux que, près d'un demi-siècle après, Dumas, Boussingault et Regnault, ont obtenus par l'application de méthodes encore plus précises. Regnault, à la suite de cent analyses, a trouvé comme nombres extrêmes, pour l'air de Paris, 20,913 et 20,997; pour l'air de Berlin, 20,908 et 20,998; pour l'air de Madrid, 20,916 et 20,982; pour de l'air recueilli sur la mer entre Liverpool et les côtes du Mexique, 20,918 et 20,965; pour de l'air recueilli par M. Sébastien Wisse près du sommet du Pichincha, 20,949. Ayant travaillé durant plusieurs années, seul ou sous la direction de Gay-Lussac, dans le laboratoire de l'École polytechnique, je puis ajouter, comme

une conséquence de la quantité constante d'oxygène qui concourt à former l'air atmosphérique, que, dans les nombreuses expériences auxquelles je me suis livré, en vue de la respiration des poissons, sur la quantité d'air contenue dans l'eau de Seine, les oscillations ont toujours été comprises entre 0,309 et 0,314.

Les Mémoires sur l'Accroissement nocturne de l'intensité du Son et sur la Hauteur moyenne des Continents reparaissent avec des additions considérables. Dans l'état actuel des connaissances hypsométriques, le nombre très-insuffisant des stations dont on a déterminé la hauteur, surtout dans les pays plats, ne permet pas d'espérer encore des résultats satisfaisants; il nous a paru qu'il y avait, en attendant, quelque intérêt à posséder du moins des déterminations approximatives, c'est-à-dire des *nombres-limites*.

Tegel, 14 septembre 1853.

A. DE HUMBOLDT.

CONSIDÉRATIONS GÉOLOGIQUES ET PHYSIQUES

SUR LES

CORDILLÈRES DES ANDES.

I

PREMIER MÉMOIRE

SUR LES VOLCANS DU PLATEAU DE QUITO

LU A L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN, DANS LA SÉANCE DU 9 FÉVRIER 1837.

Si la Science des volcans, prise dans le sens le plus étendu, a pour objet tous les phénomènes que peut produire la réaction des matières demeurées en fusion à l'intérieur d'une planète, contre la surface oxydée et rendue solide par le rayonnement de la chaleur, peu de contrées sur la terre offrent au même degré que la haute plaine de Quito le spectacle des effets si divers produits par l'action combinée des

forces volcaniques. Les mesures et tous les résultats vraisemblables à mes yeux, qu'un séjour de huit mois dans cette contrée m'a permis de recueillir, sont dispersés dans la Relation de mon voyage en Amérique, particulièrement dans le *Nivellement barométrique* de la chaîne des Andes, dans l'*Essai géognostique sur le Gisement des Roches dans les deux Hémisphères*, et dans un Mémoire intitulé : *Esquisse d'un tableau géologique de l'Amérique méridionale au nord de la rivière des Amazones* (1). Quant aux descriptions topographiques de chacun des volcans et aux monographies distinctes dont ils m'ont fourni la matière, elles sont restées jusqu'à ce jour inédites. Or les descriptions géologiques de telle ou telle partie de la terre reposent sur deux bases complétement différentes : les unes sont subordonnées au temps et au progrès incessant de nos connaissances en physique et en minéralogie ; les autres, uniquement fondées sur des rapports de grandeur, de situation et de superposition, sont invariables, sauf les changements que peuvent apporter à la figure de la terre les révolutions naturelles ; et, dans ce cas, ces descriptions ont d'autant plus d'importance qu'elles permettent de comparer numériquement les effets de ces grands cataclysmes. Il est facile de comprendre que, si l'on veut distinguer rigoureusement les formations, soit d'après leurs caractères zoologiques, c'est-à-dire d'après l'existence simultanée ou successive des organismes antédiluviens, soit d'après leurs caractères géologiques, autrement dit, suivant la structure cris-

talline des roches, la description perdra nécessairement de sa précision et de sa valeur scientifique, lorsque le temps aura modifié les idées sous l'influence desquelles avaient été faites les observations. Mais celui qui sent au fond de son cœur un vif et pur amour de la science, lorsque le moment est venu de jeter un regard en arrière sur ses travaux d'une autre époque, ne se plaint pas de les retrouver vieillis par le progrès du temps. Outre la satisfaction de revoir encore une fois, avec une expérience plus consommée, ce qu'il n'avait fait qu'entrevoir jusque-là, il éprouve la noble et bienfaisante émotion que doivent toujours causer les conquêtes successives de la science.

Au contraire, l'autre partie des matériaux, la partie topographique et descriptive, est indépendante de l'époque où elle a été recueillie ; elle ne repose point sur des vues changeantes, mais sur la base inébranlable des mathématiques. A mesure, il est vrai, que se sont perfectionnés les instruments, la détermination des lieux astronomiques et l'évaluation des hauteurs par la trigonométrie ou le baromètre ont acquis une plus grande précision ; mais les exigences de la géologie et de l'orographie sont plus faciles à satisfaire que celles de l'astronomie, en tant que cette science se propose de calculer la position et la marche des corps célestes, la forme et la densité de notre planète, et pour ainsi dire de mesurer et de peser la terre. Depuis la fin du dernier siècle, les instruments astronomiques et géodésiques, entre lesquels

le voyageur n'a qu'à choisir, donnent des mesures angulaires non moins délicates que sûres, et peuvent conduire à des résultats numériques d'une suffisante exactitude pour le but que l'on poursuit. Les observations orographiques ont encore l'avantage que lorsqu'on publie, comme on devrait toujours le faire, ou que du moins l'on conserve le détail de toutes les opérations partielles, elles deviennent longtemps après la mesure de la confiance que mérite l'ensemble du travail, et peuvent conduire à des combinaisons nouvelles et plus fécondes.

En signalant avec sincérité la différence qui existe entre la partie des observations géologiques susceptibles de vieillir rapidement et cette autre partie sur laquelle le temps n'a point de prise, j'indique par là même ce qui peut manquer au travail que je présente à l'Académie. Tout voyageur qui reste seulement trois ou quatre ans éloigné de l'Europe, dans des conditions qui ne lui permettent point de communication scientifique avec sa patrie, s'aperçoit au retour combien l'agrandissement rapide des vues sur la formation des roches a modifié le langage qui sert à exprimer ces idées. Souvent il arrive que ce dépaysement dispose plus qu'il ne convient à interpréter et à accommoder les choses; et comme, à chaque époque, cela seul a chance de plaire généralement qui répond à l'opinion dominante, il en résulte que peu à peu la simple observation des faits se trouve subordonnée à une opération de l'esprit et à des théories arbitraires. La noble ambition

qu'éprouve l'homme, de dominer par l'ascendant de la pensée les données matérielles de l'expérience, ne permet point d'échapper complétement à un pareil péril, péril plus grand et plus menaçant à mesure qu'augmente le nombre des années qui nous séparent du moment de l'observation. Si, placé moi-même dans les conditions que j'indique ici, je me décide à prendre pour sujet de ces Mémoires des fragments inédits du Journal que je rédigeais durant mon voyage dans l'Amérique du Sud, cette résolution courageuse repose sur le ferme propos de reproduire le plus souvent mes observations avec les mêmes termes dans lesquels je les avais consignées sur les lieux, et de n'y point mêler les interprétations qui se sont produites plus tard, tout en rectifiant la nomenclature des roches d'après un examen géologique des collections incomplètes que j'ai rapportées avec moi. Cette résolution m'a été encore inspirée, et c'est là même le motif déterminant de la communication que j'ai l'honneur de faire à l'Académie, par cette considération, que la plus grande partie de mes opérations géologiques sur la pente des volcans de Quito, ont eu pour objet de calculer des rapports d'étendue, de dépeindre les formes des montagnes, et de tracer l'orographie d'une admirable contrée, toutes choses qui ne sauraient vieillir, et qui depuis n'ont été décrites par personne.

Dans cette longue chaîne des Andes, qui s'étend en forme de muraille, tantôt sur une seule ligne, tantôt sur deux ou trois rangées rattachées entre elles par

d'étroits chaînons, le voisinage des volcans actifs s'annonce régulièrement et presque périodiquement par l'apparition soudaine de certaines roches qui divisent les formations réputées autrefois primitives, aussi bien que les formations schisteuses ou arénacées appelées terrains de transition et de sédiment. Un fait aussi facile à observer dut convaincre de bonne heure que ces roches sporadiques sont proprement le siége des phénomènes volcaniques, et la condition même des éruptions. Ce que l'on considérait alors dans l'Amérique méridionale, pour nous placer ici au point de vue plus borné de la composition minéralogique, comme une espèce distincte de diorite porphyroïde syénitique sans mélange de quartz, prit plus tard en Europe la dénomination de trachyte, que l'ouvrage de Haüy, intitulé *Distribution minéralogique des Roches*, fit prévaloir sur le nom plus ancien et plus caractéristique de domite. On a reconnu, dans les derniers temps, que ces masses rompues par la pression des vapeurs et tantôt soulevées en forme de cloches sans cratère, tantôt percées à jour de manière à entretenir une communication constante entre l'atmosphère et l'intérieur du globe, n'offrent pas toujours, sous les différentes zones, une composition identique. Tantôt ce sont proprement des trachytes caractérisés par la présence du feldspath, comme sur le pic de Ténériffe et sur les sept Montagnes de Bonn, où quelques parties d'albite se mêlent au feldspath, et ces trachytes feldspathiques produisent dans les volcans

en activité une quantité abondante d'obsidienne et de pierre ponce; tantôt ce sont des mélaphyres, des mélanges de labrador et d'augite ressemblant à la dolérite, et qui se rapprochent davantage de la formation basaltique : on peut citer, comme exemple, l'Etna, le Stromboli et le Chimborazo. Quelquefois aussi l'albite domine avec la hornblende, comme dans les roches des volcans du Chili récemment désignées sous le nom d'andésites; dans les magnifiques colonnes de Pisaje, près de Popayan, que l'on a décrites comme étant formées de porphyre dioritique; au pied du volcan de Purace et dans le volcan mexicain de Toluca. Tantôt enfin, ce sont des leucitophyres ou mélanges de leucite et d'augite, comme dans l'ancien cratère du Vésuve, la Somma. Les excellents travaux de Gustave Rose sur l'analyse chimique et cristallographique du groupe des feldspaths a jeté, sur cette importante distinction des roches à travers lesquelles se sont fait jour les éruptions volcaniques, une lumière nouvelle dont le bienfait s'est fait sentir à toute une branche de la géognosie. Si je répète presque dans les mêmes termes le jugement que Léopold de Buch a porté, dans l'enceinte de cette Académie, avec plus d'autorité que moi, c'est aussi pour avoir l'occasion de rappeler un livre qui a fait époque dans la science, et qui, avec les nombreuses additions dont l'auteur a enrichi l'édition française, embrasse et présente sous un aspect lumineux toutes les découvertes dont les phénomènes volcaniques ont été l'objet. La *Description physique*

des îles Canaries renferme, dans la partie consacrée aux bouches volcaniques centrales et aux chaînes volcaniques, les détails les plus intéressants et les plus complets sur toutes les éruptions enflammées qui se sont produites à la surface du globe, dans les contrées du moins où jusqu'à ce jour la science a pu faire pénétrer ses enquêtes.

Les volcans de la haute plaine de Quito dont je m'occupe dans ce Mémoire, appartiennent aux chaînes volcaniques, courant sur deux lignes parallèles que sépare une étroite vallée longitudinale, et dont grâce aux excellents travaux géographiques de la Condamine, de Bouguer et de Petro Maldonado, on a connu, dès le principe, la véritable disposition. Ainsi, la comparaison de faits analogues à ceux dont je me propose de traiter, et l'énumération des phénomènes, ajoutent à mes observations, ce que l'on gagne toujours à comparer les faits et à généraliser les idées : un intérêt plus vif, des vues plus justes et une lumière qui, partant de foyers éloignés, se réfléchit en un même point.

Avant de passer à la description du volcan de Pichincha (prononcez Pitschintscha), je dois, afin que l'on puisse plus facilement s'orienter, et pour mieux faire connaître la situation du plateau, appeler l'attention sur quelques mesures qui, à la vérité, prises en elles-mêmes et ramenées au niveau de la mer du Sud, n'auraient point une grande importance géognostique, mais qui, si l'on considère l'élévation progressive des vallées longitudinales,

deviennent intéressantes à plus d'un titre. De nouvelles déterminations étaient nécessaires par suite de la triple faute des Astronomes français qui, dans leurs calculs barométriques, lors de la célèbre mesure du degré, ont négligé de corriger l'influence de la température, ont adopté une moyenne inexacte pour la pression de l'air à la surface de la mer, et n'ont point eu égard aux variations horaires que subit la hauteur du baromètre. Il est vrai que, grâce à des compensations fortuites, les résultats de la Condamine concordent d'une manière fort satisfaisante avec ceux de Boussingault et les miens ; mais sur la plupart des autres points, les différences sont considérables, tantôt en plus, tantôt en moins, et toujours fort irrégulières, de sorte que ces premières déterminations relatives méritent peu de confiance, toutes les fois qu'il est question de l'élévation plus ou moins considérable des plaines de montagnes au-dessus du grand foyer volcanique de Quito. Ces inexactitudes ont dû influer aussi naturellement sur les résultats absolus des mesures trigonométriques, puisqu'on n'ignore pas que, dans les opérations des Astronomes français, les bases, à l'extrémité desquelles furent tracés les angles servant à mesurer les hauteurs des montagnes, n'étaient point prises dans la plaine qui borde la mer, et que par conséquent chacune de ces déterminations se composait nécessairement d'une mesure trigonométrique et d'une mesure barométrique.

Si l'on jette un regard sur la carte hypsométri-

que (2) dans laquelle, après une discussion sérieuse de toutes les nouvelles déterminations de lieux astronomiques, j'ai essayé de représenter la direction, la puissance et les ramifications diverses de la chaîne des Andes, si complétement défigurée jusque-là sur les cartes de l'Amérique méridionale, et de marquer les principales hauteurs relatives que l'on pouvait connaître à cette époque, on voit que la bifurcation des Cordillères, dont il a été fait tant de bruit, depuis la mesure du degré exécutée par les Astronomes français, n'existe réellement que dans l'espace compris entre 8° 15′ de latitude australe et 2° 20′ de latitude boréale, c'est-à-dire entre le nœud de montagnes de Loxa, célèbre par les magnifiques forêts de Quinquina qui en couvrent le versant oriental, et le nœud de montagnes d'où descendent les sources du grand fleuve de la Magdalena. Au nord et au sud des parallèles passant par ces nœuds, les plus extérieurs du Pérou et de la Nouvelle-Grenade (depuis la République de Cundinamarca), les Andes se partagent en trois branches, dont le cours devient moins régulier. La largeur de ces chaînes de montagnes dans la direction de l'est a été autrefois exagérée par suite d'une singulière méprise de langage. *Là*, où dans la carte de La Cruz Olmedilla qui, pendant quarante ans, a servi de base à toutes les cartes anglaises, françaises et allemandes, on lisait ces mots : Aqui hay montes de Cacao (ici croissent des forêts de Cacao sauvage), de célèbres géographes placèrent une montagne nei-

geuse, ne doutant pas que le mont *monte*, généralement usité chez les colons espagnols dans le sens de forêt, ne fût synonyme des mots *cerros*, *serranias* et ne représentât une montagne, et oubliant de plus que le Theobroma Cacao ne croît que dans les plaines les plus chaudes, par une température moyenne de 23° Réaumur. Même dans le plus pur dialecte espagnol parlé en Europe, les mots *monte alto* signifient une forêt peuplée de grands arbres (8).

La grande vallée longitudinale, qui s'étend entre les deux nœuds cités plus haut, a une longueur de plus de 60 milles géographiques de 15 au degré, et une largeur de cinq milles seulement; elle est traversée par des chaînons qui la divisent en cinq bassins dont le sol est très-inégalement élevé au-dessus du niveau de la mer. Parmi les plateaux qui forment cette vallée, les trois plus reculés vers le Sud, dans lesquels sont situés Cuenca, Tacunga et Quito, ont 2632, 2572 et 2612 mètres de hauteur, et offrent par conséquent une remarquable égalité de niveau; mais en deçà s'étend la plaine de los Pastos, dont la hauteur varie de 3083 à 3218 mètres, et qui représente le Thibet volcanique de l'Amérique, bien qu'inférieure encore de 692 mètres au sol de la vallée qui entoure le lac de Titicaca, visité tout récemment par Pentland, Meyen et d'Orbigny. Le cinquième bassin, le plus septentrional de tous, qui porte le nom d'Almaguer, s'abaisse subitement, et n'a plus qu'une hauteur de 2268 mètres.

Des chaînons transversaux un seul a de l'impor-

tance : c'est le passage de l'Assuay, où l'on voit les ruines des palais de l'Inca. Je me suis assuré que le point culminant de ces montagnes, vers l'endroit où le chemin traverse la *ladera de Cadlud*, est à plus de 4730 mètres au-dessus du niveau de la mer. C'est seulement 780 mètres plus bas que se trouvent les ruines du palais de l'inca Tupac Yupanqui, avec des restes de bains qui, eu égard au climat, devaient, selon toute vraisemblance, être remplis avec de l'eau chauffée. Comme les mesures prises par Pentland dans la Cordillère occidentale de Bolivie, dont les plus hauts sommets, le Sahama et le Parinacota, s'élèvent à 6815 et 6718 mètres, et dominent par conséquent le Chimborazo, ont conduit à cette conjecture, que les proportions de tous les monuments construits de main d'homme devaient être plus vastes dans ces latitudes australes que dans la zone voisine de l'équateur, je dois faire remarquer que de tous les passages mesurés par Pentland deux seulement sont plus élevés que l'Assuay, à l'endroit où passe la grande route de commerce qui va de Quito à Cuenca et à Lima ; encore la différence est-elle très-peu considérable. Le passage qui traverse les *altos* de Toledo a 48 mètres de plus ; celui de Chullunquani en a 33. Partout, en effet, les hauteurs moyennes des croupes de montagnes dont les *passages* représentent les *minima*, sont entre elles dans des rapports différents de ceux qui existent entre les pics ou les points culminants des chaînes. Une reproduction graphique des Alpes et des Pyrénées confir-

merait ces considérations ; on sait en effet que, dans les Pyrénées, les croupes sont fort élevées relativement à la hauteur peu considérable des sommets.

De la crête rocheuse du Pichincha, le regard, franchissant les forêts solitaires et impénétrables des Yumbos et de la province de las Esmeraldas, s'étend jusqu'à la mer du Sud, et, dans la traversée de Lima à Guayaquil, lorsque l'air est très-transparent, les navigateurs qui passent à l'ouest de l'île de Puna et du rocher connu sous le nom de *El Amortajado* peuvent apercevoir le sommet du Chimborazo. Cette particularité me décida à déterminer avec un soin scrupuleux la véritable distance qui sépare la côte de la Cordillère occidentale. Les principaux éléments du problème à résoudre sont la différence de longitude entre les villes de Quito et de Guayaquil, l'azimuth et l'angle de hauteur du Chimborazo, tel qu'il s'offre aux regards lorsqu'on l'aperçoit de la côte de Guayaquil. Je dois me borner ici à remarquer que les doutes élevés par le capitaine Basile Hall contre la longitude que j'avais indiquée pour Guayaquil ont été résolus de manière à justifier mon assertion, par la grande expédition anglaise envoyée sous les ordres des capitaines King, Stokes et Fitz Roy, pour relever les côtes de la Patagonie occidentale jusqu'à Guayaquil. D'après les résultats publiés par sir John Barrow (4), la longitude de Guayaquil, bien que le temps eût été transporté d'un point très-éloigné, Valparaiso, s'est trouvée concorder, à moins de 17 secondes près (mesure de temps), avec mes calculs,

qui déjà remontaient à une époque fort éloignée. L'expédition a même trouvé pour le port Callao de Lima, auquel j'avais rattaché chronométriquement Guayaquil, un résultat moyen qui, ainsi que cela est bien spécifié, ne diffère que de deux secondes (mesure de temps) de la longitude qu'Oltmanns avait déduite de mon observation du passage de Mercure devant le disque du soleil. Comme à de si grandes hauteurs et en raison de la route à parcourir, puisque le Pichincha, un peu plus élevé que le Mont-Blanc, peut sans réfraction être vu à une distance de trente-quatre milles géographiques de 15 au degré, et le Chimborazo à trente-neuf, il y a toujours chance que le rayon lumineux soit intercepté par quelqu'une des couches de nuages qui se groupent et s'amoncellent, il est rare que l'on puisse jouir, sur la côte de la mer du Sud, du majestueux spectacle de la chaîne des Andes. Un angle de hauteur du Chimborazo mesuré sur la rive du Guayaquil, par un savant marin espagnol, don José Espinosa (5), durant le voyage de circumnavigation de Malaspina, et qui a donné pour résultat 1°57′40″, est devenu l'objet d'un débat sur la hauteur véritable du Chimborazo, qui, dans ces termes, pourra se prolonger longtemps, attendu que l'on n'a point déterminé assez rigoureusement la réfraction et l'azimuth, non plus que la distance horizontale.

J'ai encore à toucher un autre point qui a trait à la position et aux dimensions relatives des Cordillères. Léopold de Buch, dans sa vaste théorie du soulè-

versant des chaînes de montagnes à travers l'écorce rompue du globe, s'est souvent appuyé sur les rapports que l'on remarque entre la direction des chaînes et celle des côtes situées à plus ou moins de distance. On sait qu'il n'existe plus dans l'Amérique méridionale de volcans actifs que sur la côte occidentale du continent, et le profil hypsométrique que j'ai tracé de toute la chaîne des Andes, et qui transporté dans les dernières cartes de Brué, n'a cependant jamais été reproduit avec plus d'exactitude et de goût que dans une petite carte de Berghaus, malheureusement inédite (6), témoigne d'une relation intime entre la forme du continent et les détours de la chaîne des Andes. J'ai signalé plusieurs fois, en en faisant ressortir l'importance géologique, le point d'Arica, situé par 18° 30′ de latitude australe, où la côte, jusque-là parallèle au méridien, prend brusquement la direction nord-ouest, déviation qui répond exactement à celle de la côte occidentale du continent africain, près de Fernando Po, par 4° 30′ de latitude boréale. Le changement non moins subit dans la direction de la chaîne des Andes, sous le parallèle d'Arica, n'est point borné à la Cordillère occidentale, la plus rapprochée de la mer du Sud ; il n'est pas moins sensible dans la chaîne orientale qui borne les hautes plaines de Titicaca, où fleurit pour la première fois la civilisation de l'Amérique méridionale, et qui porte sur son dos les montagnes colossales du Sorata et de l'Illimani, hautes de 6489 et 6447 mètres d'après des mesures exactes, qui tout récem-

ment ont rectifié des idées fausses. Le parallélisme des Cordillères entre elles, surtout dans l'espace qui s'étend à cinq degrés en deçà et au delà de l'équateur, n'est pas moins surprenant que leur parallélisme avec les sinuosités de la côte. Une seule branche, formée de fragments anguleux ou brèches, se dirige vers le nord-est, et traversant la Nouvelle-Grenade à l'est de Bogota, rattache la crevasse des Andes de Quito à la crevasse plus ancienne d'où est sortie la chaîne côtière de Caracas.

La direction des Cordillères, à l'ouest de la haute plaine de Quito, semble même prouver que l'échancrure du golfe Guayaquil est un phénomène fortuit, postérieur au soulèvement des chaînes. La côte s'approche en effet jusqu'à une distance de 25 minutes seulement de la partie de la Cordillère occidentale située dans la contrée de Cuenca, au sud du passage de l'Assuay et de la route très-fréquentée qui atteint presque la hauteur du Mont-Blanc; et cependant cette proximité de la mer ne paraît point avoir eu d'influence sur la situation des volcans. La longue chaîne des volcans actifs est déjà terminée 83 lieues plus loin vers le nord, à partir du parallèle de Tunguragua. Il est possible qu'en cet endroit, plus voisin de la mer, des obstacles tenant à la superposition des roches aient empêché l'action des forces élastiques et la communication permanente du dehors avec le dedans. On remarque même, non sans étonnement, que du côté opposé au littoral, l'obstacle a dû se trouver moins puissant, car il y a

eu éruption du Sangay ou volcan de Macas, situé dans une plaine boisée, près des sources du Rio Morona, au pied de la chaîne orientale, un demi-degré au sud du parallèle de Tunguragua. Dans l'Asie centrale, le Pe-chan et le Ho-tcheou ou Montagne de Feu de l'ancien pays de Tourfan, qui font tous deux partie de la chaîne du Thian-chan ou Montagne Céleste, et ont encore vomi des flots de lave depuis l'ère des temps historiques, sont situés à plus de 430 lieues de la mer la plus rapprochée; il ne se trouve même pas de grand lac dans le voisinage.

Bien que dans une grande partie de la terre les points culminants des groupes d'îles ou des chaînes de montagnes aient été formés par des masses soulevées de trachyte, d'andésite et de dolérite, d'autres zones, celles par exemple de l'Himalaya et de la Cordillère orientale de Bolivie, montrent que cette relation entre le maximum de hauteur et la nature des roches n'est nullement nécessaire. A la vérité, dans le Mexique, où tous les volcans sont élevés au-dessus d'une faille qui coupe presque à angle droit l'isthme et l'axe de la chaîne, disposition que Léopold de Buch compare à celle des volcans situés à l'intérieur de Java, tous les *nevados*, c'est-à-dire tous les sommets élevés à une grande hauteur au-dessus de la limite des neiges éternelles, sont des volcans et sont formés des roches mentionnées plus haut. De même, sur le plateau de Quito, les sommets les plus élevés des Cordillères se terminent en cloches et en cônes de dolérite; cependant sur ce même

plateau, en face du Chimborazo et du volcan de Tunguragua, les *nevados* de Condorasto, de Carvillan et de Collanes sont formés de schiste micacé. Les plus hautes montagnes de la Cordillère orientale de Bolivie, le Sorata ou Tusubaya, situé un peu à l'ouest de la mission de Challana, et l'Illimani, au sud de la mission d'Ocobaya, sont formées de grauwackes schisteuses, et, d'après des notes manuscrites de Pentland que j'ai en ma possession, il existe, au moins sur le versant occidental de l'Illimani, des masses éruptives de syénite et de porphyre, dans lesquelles sont restés aussi engagés des fragments anguleux de grauwackes schisteuses, comme pour porter témoignage de la rupture des roches. Ces observations démontrent que les hauteurs absolues des cimes, qui ont toujours eu le privilége d'exciter l'intérêt populaire, sont des faits purement locaux et fortuits, qui tiennent à la plus ou moins grande résistance des roches, et n'ont que peu d'importance pour le géologue en comparaison de la direction des axes, de la régularité du tracé, et de la hauteur moyenne des croupes de montagnes.

De ces considérations générales sur les Cordillères des Andes, je passe à la description des volcans répandus sur la haute plaine de Quito, en commençant par le moins élevé de tous, le Pichincha, parce qu'il est le plus voisin de la ville de Quito, parce que sa forme ne ressemble point à celle du plus grand nombre des montagnes ignivomes, et qu'il a été pour moi le but de trois expéditions. Cette montagne,

dont le renom s'est affaibli depuis longtemps, était très-célèbre en Europe dans le milieu du dernier siècle, grâce au séjour de Bouguer et de la Condamine, qui, durant trois semaines, y firent des observations météorologiques, abrités sous une hutte, à une hauteur de 2430 toises, 180 pieds seulement au-dessous de la cime du Mont-Blanc. La vallée longitudinale qui s'étend entre les deux Cordillères, orientale et occidentale, ou, pour la désigner d'une manière plus caractéristique, entre la Cordillère de l'Antisana et du Cotopaxi et celle du Pichincha et du Chimborazo, est divisée elle-même en deux parties, à l'endroit où s'élève la ville de Quito, par une chaîne de collines peu élevées qui court du sud au nord, la chaîne d'Ichimbio et de Poingasi. A l'est de ces collines, sont situées les plaines gracieuses et fécondes de Puembo et de Chillo; à l'ouest, en se rapprochant du volcan de Pichincha, on rencontre les prairies désertes d'Iñaquito et de Turubamba. Le niveau n'est point le même dans ces deux parties de la vallée : dans la partie orientale, qui est la plus tempérée, le sol est à 8040 pieds au-dessus du niveau de la mer; dans la vallée occidentale, le climat est plus âpre et le sol s'élève à près de 9000 pieds (2908 mètres d'après mes calculs, 2916 mètres d'après ceux de Boussingault). L'inscription latine que les Astronomes français ont placée dans le Collége des Jésuites, et qui recule beaucoup trop vers l'ouest la longitude de Quito, abaisse aussi cette ville, par des raisons que j'ai indiquées plus haut, de 270 pieds au-dessous

de sa hauteur réelle. Si maintenant l'on songe que la ville de Quito est solidement adossée aux flancs de Pichincha et traversée par un grand nombre de crevasses béantes, très-profondes, le plus souvent à sec, et toutes perpendiculaires au volcan, si de plus on se rappelle que, durant le séjour que nous y fîmes, nous entendions presque tous les mois au-dessous de nos pieds un effroyable mugissement (bramido), il n'y a plus lieu de s'étonner que les forces volcaniques, encore agissantes aujourd'hui, aient élevé le sol dans les plaines d'Iñaquito et de Turubamba, plus rapprochées du volcan, au-dessus de la partie orientale de la vallée.

J'ai trouvé la chaleur moyenne de Quito, d'après des expériences répétées durant quatre mois sur les maxima et les minima de la température diurne de l'air, égale à 11°,5 de Réaumur; Boussingault, en prenant la température du sol même à une profondeur de 14 à 16 pouces, a obtenu 12°,2; différence 0°,7. C'est à peu près la température moyenne de Rome transportée sur les hauteurs de Quito, presque sous l'équateur, mais tout autrement distribuée. Les deux extrêmes sont, à Quito, 4°,8 et 17°,6 Réaumur. Les traces de glace même les plus légères y sont extrêmement rares, et ne proviennent que du rayonnement de la chaleur à travers des couches d'air raréfié sous un ciel sans nuages. Les Académiciens français représentent le climat comme plus doux qu'il ne l'est aujourd'hui; la comparaison vec la vallée de Kaschmir est complétement dépour-

vue de justesse, puisque, d'après les dernières mesures de Victor Jacquemont et du baron de Hugel (7), cette ville est située à 3700 pieds au-dessous de Quito, et que dans l'hiver il y tombe de la neige durant plusieurs mois. De la *Plaza major* de Quito, on voit, à une proximité menaçante, les flancs abrupts (faldas) du volcan de Pichincha, mais non pas la rangée de sommets que nous allons bientôt décrire. On aperçoit aussi, sur une colline dénudée, située dans le premier plan et qui déjà surpasse en hauteur le pic de Ténériffe, la croix que la Condamine éleva pour servir de signal (la Cruz de Pichincha); mais ce qui ajoute surtout à la beauté du spectacle, c'est l'éclat argenté de la chute d'eau de Cautuna, placée plus à l'ouest et plus bas, à une hauteur de 1728 toises seulement. Un rocher en saillie cache le pied de la cascade.

J'ai tracé à Quito même un plan topographique du volcan de Pichincha et de toutes les vallées situées du côté du sud-est qui conduisent par le versant le plus accessible à la vaste croupe de la montagne, et, pour l'intelligence de cette carte, j'y ai joint une vue de profil représentant le spectacle dont on jouit par un temps serein, près de Chillo, dans la savane de Cachapamba. La carte a paru dans l'Atlas de l'Amérique méridionale qui accompagne la Relation de mon Voyage, et le paysage dans les Vues des Cordillères (8). Outre les mesures barométriques prises sur plusieurs sommets isolés, j'ai mesuré trigonométriquement toutes les cimes que l'on peut apercevoir

dans la plaine de Cachapamba, séparée du cratère du Rucu-Pichincha par une distance de 27698 mètres. Comme il m'était impossible d'exécuter réellement des travaux de triangulation sur le flanc même de la montagne, entre les étroits ravins du volcan, et que ces opérations d'ailleurs eussent exigé plusieurs semaines, j'ai dû, pour abréger, adopter la méthode hypsométrique, qui consiste à prendre des bases trigonométriques et à calculer des angles de hauteur, méthode d'une suffisante justesse, d'après l'exactitude avec laquelle j'ai pu, à une distance de 3 degrés, déterminer par les azimuths la différence de longitude entre Mexico et Vera-Cruz. La mesure des angles a donné en outre la masse du volcan tout entier et celle des divers pics dont il se compose. Placé sur la colline de Poingasi, d'où l'on embrasse la tour de l'église de la Merci, à Quito, et les trois rochers qui entourent le cratère encore enflammé du Pichincha, j'ai déterminé, par des calculs de triangulation assez compliqués, la distance qui sépare ces deux points et qui était d'un grand intérêt pour les habitants. J'ai trouvé à la suite de plusieurs combinaisons 10887 mètres. Mon plan était gravé depuis longtemps lorsque j'eus le bonheur de pouvoir me procurer le premier projet d'une carte manuscrite trouvée dans les papiers de la Condamine, et dont l'échelle permet de reconnaître un écart de 15 à 20 mètres. Cette carte renferme la ville de Quito et la tour de la Merci, mais elle ne donne du Pichincha même que le centre du cratère. La distance entre

ces deux points, calculée graphiquement, est de 10759 mètres : différence entre ce résultat et celui que j'ai obtenu, 128 mètres ou 1/84. Les azimuths magnétiques n'ont presque point été mis à profit, ou l'ont été seulement à Poingasi, c'est-à-dire à 35 mètres de la pente du volcan, dans un lieu par conséquent où il m'était facile de déterminer la déclinaison magnétique à l'aide d'un déclinatoire de Lambert long de 14 pouces; ils n'ont d'ailleurs été considérés que comme des points secondaires. Cet exposé, déjà peut-être trop circonstancié, des moyens mis en usage pour la construction de ma carte du Pichincha, doit garantir la justesse des dimensions principales de ce volcan, dont le grand axe forme, du sud-ouest au nord-est, une muraille isolée et non interrompue. Le cratère a été dessiné aussi, dans la Vue pittoresque que j'ai donnée de cette montagne, d'après des angles horizontaux et des angles de hauteur mesurés plusieurs fois au moyen du sextant.

Les descriptions que la Condamine a laissées du Pichincha dans son *Journal du voyage fait à l'Équateur* sont extrêmement vagues. Il parle de plusieurs sommets, mais il n'en nomme que trois au lieu de quatre. Les Académiciens français n'ont pas mesuré le sommet le plus élevé, situé du côté du sud-ouest, et qui, seul, a produit les grandes éruptions. La cime distincte désignée dans l'inscription du Collége des Jésuites, par les mots de *Cacumen lapideum et acutum* (9), est la troisième cime taillée à pic que l'on aperçoit dans la direction du sud-ouest au nord-est.

Quant à savoir où était la cabane dans laquelle les observateurs passèrent la nuit durant plusieurs semaines avec une si noble persévérance, c'est là un point difficile à déterminer, en l'absence de toute tradition, et d'après la seule indication de la hauteur barométrique. L'unique moyen de décrire clairement la structure de la montagne, c'est de désigner les différents pics par les dénominations indiennes, qui ont toujours un sens très-précis.

Ce qui frappe d'abord, en présence du Pichincha, c'est sa forme, très-différente de la forme habituelle des volcans. Le Pichincha offre surtout le plus grand contraste avec le Cotopaxi, dont les plus petites inégalités, susceptibles d'altérer sa forme conique, sont dissimulées par le manteau de neige qui le recouvre (10) et dont les créoles espagnols disent avec raison qu'il semble fait au tour (hecho al torno). Le Pichincha forme une muraille dont la longueur disproportionnée avec sa hauteur, qui égale à peine 4800 mètres, amoindrit, sur certains points, où l'on peut embrasser la montagne détachée de tout ce qui l'entoure, l'impression majestueuse du paysage.

Le Pichincha, si l'on considère dans son ensemble la Cordillère occidentale, est situé dans le même axe et sur le même alignement que les montagnes neigeuses d'Iliniza, de Corazon et de Cotocachi, et fait partie de la même rangée de volcans. Mais la chaîne, en cet endroit, est si brusquement taillée à pic du côté de la mer, que le Pichincha, considéré seul, semble une fortification servant de couronnement à

la Cordillère, et que la direction de ses murs abrupts forme avec la direction de la base sur laquelle ils reposent, ou l'axe général de la chaîne, un angle de 35°. L'axe de la cordillère occidentale s'étend entre 0° 40′ de latitude australe et 0° 20′ de latitude boréale, et est dirigé N. 21° E. La direction de l'axe volcanique, c'est-à-dire de la ligne qui passe par les sommets des volcans est N. 56° E. On en pourrait conclure, d'après des aperçus récents, que les fortifications naturelles auxquelles on a donné le nom de Pichincha, et qui sont d'origine plus moderne, sont sorties d'une faille distincte et moins large, qui s'écarte davantage du méridien dans la direction de l'est. La grande plaine montagneuse d'Antisana, située à 4100 mètres de hauteur, fournit aussi un exemple remarquable de ces phénomènes particuliers subordonnés aux phénomènes généraux. Le sommet arrondi et neigeux de la montagne se détache comme une île au milieu de la plaine, mais dans la partie occidentale s'élève un rocher noir, le Chussolongo, qui se prolonge comme un mur en suivant la direction du nord au sud, et dont la forme m'a rappelé en petit celle du Pichincha. Le Pichincha, à la vérité, est isolé de toute part; il l'est moins cependant du côté du Corazon et de l'Iliniza, où il n'est pas fort éloigné de l'Atacazo, que vers le nord, dans la direction du Cerro de Cuicocha et du Nevado de Cotocachi, où le Guallabamba, sortant du plateau de Quinche, riche en obsidienne, se fraye, à travers une vaste ouverture, un chemin vers la mer du Sud.

Afin que l'on comprenne mieux ce qui suit, je fais remarquer d'abord d'une manière sommaire que les quatre sommets du Pichincha, qui de loin affectent la forme de cônes, de tours et de châteaux forts en ruine, forment, dans la direction du nord-est au sud-ouest, une rangée de volcans, où l'on distingue : 1° un cône sans nom, situé près du dos de l'Ingapilca, que pour moi j'appelle le sommet du Condor, en raison du grand nombre de Condors qui l'habitent, et parce que c'est là que vient aboutir la profonde crevasse de Cundurguachana, dont nous avons traversé les blocs épars avant de déboucher dans la belle prairie d'Iñaquito ; 2° le Guagua-Pichincha, c'est-à-dire l'Enfant du vieux volcan Pichincha ; 3° le Picacho de los Ladrillos, ainsi nommé à cause d'une faille taillée à pic, et réuni par une étroite langue de terre en forme de selle à un autre cône situé plus au sud, le Tablahuma; 4° le Rucu-Pichincha, c'est-à-dire l'Ancien ou le Père, qui renferme le cratère, et qui, placé un peu en dehors de l'alignement du côté de la mer du Sud, apparaît, vu de Chillo ou de Poingasi, sous un angle un peu plus petit que le sommet du Guagua-Pichincha. Les naturels au teint cuivré nomment volcans l'ensemble des montagnes colossales du Cotopaxi et du Tunguragua, parce qu'ils les considèrent comme des individus distincts, ne formant chacun qu'un seul cône ; mais pour le Pichincha, ils donnent le nom de *el Volcan*, non pas à la réunion de toutes les fortifications naturelles, mais seulement au sommet placé vers le sud-

ouest, d'où ils savent par tradition que, dans les années 1533, 1539, 1560, 1566, 1577, 1580 et 1660, il est sorti des éruptions si considérables que la cendre en tombant plongea durant des jours entiers la ville de Quito dans une obscurité profonde. Lorsqu'ils veulent se faire passer pour d'habiles latinistes (ladinos), ce qui est pour eux le signe d'une éducation distinguée, ils désignent plus volontiers la quatrième cime par le nom de el Volcan que par celui de Rucu-Pichincha.

Première ascension. — Nous tentâmes pour la première fois de parvenir au cratère du Pichincha par une belle matinée du mois d'avril. Notre cortége était plus nombreux que nous ne l'aurions désiré. C'est un inconvénient qu'il est difficile d'éviter dans les voyages où les instruments qu'il faut porter avec soi excitent la curiosité des indigènes. Comme les habitants de Quito vont souvent chercher dans les régions inférieures de la montagne, et que les Indiens de leur côté ont l'habitude de porter à la ville pour le vendre un mélange de grêle et de neige recueilli non pas sur la cime neigeuse du cratère, mais dans des cavités situées plus bas, il en résulte que tous ceux qui nous suivaient, blancs ou hommes de couleur, se vantaient de parfaitement connaître la contrée. Il y avait juste un mois que j'avais été sur l'Antisana avec M. Bonpland et le jeune fils du marquis de Selvalegre, Carlos Montufar, qui, après nous avoir accompagnés au fleuve des Amazones, à Lima, à

Mexico et à Paris, de retour dans sa patrie, trouva une mort glorieuse dans la guerre de l'Indépendance. Nous avions atteint sur l'Antisana un rocher dentelé, placé à une hauteur de plus de 5500 mètres, et l'ascension du pic le plus élevé du Pichincha, qui dépasse à peine le mont Blanc de 60 mètres, nous semblait en comparaison une entreprise facile. L'expérience nous a montré que les vallées ou crevasses profondes qui séparent les quatre sommets principaux du Pichincha offrent sur plusieurs points des obstacles presque insurmontables.

Nous nous dirigeâmes, en sortant de Quito, vers le nord-ouest, pour gagner la chute d'eau, ou *Chorro de la Cantuna*, et nous passâmes devant un jardin appartenant à des moines et désigné sous le nom de *Recoleccion de la Merced.* La Recoleccion est située entre deux *guaycos;* c'est ainsi que sont appelées les crevasses béantes, larges de 30 ou 40 pieds dont il a été parlé plus haut, et qui toutes aboutissent aux flancs de la montagne. Ces deux crevasses se réunissent un peu au nord de l'église de la Merci, sur un point où l'on a jeté un pont de l'un à l'autre bord. Plus loin, au delà de la place de Saint-François, on perd de vue les guaycos qui disparaissent sous des voûtes surmontées de hauts édifices. Quelques-uns de ces guaycos ressemblent à de puissants filons entr'ouverts, et le regard en peut mesurer la profondeur, qui est de 20 à 25 mètres ; mais sur beaucoup d'autres points, ils sont fermés par en haut durant des espaces de 60 à 80 mètres et forment des galeries sou-

terraines naturelles. C'est une croyance populaire à Quito que, si les fréquents tremblements de terre n'ont pas atteint plus gravement les belles églises et les édifices, cela tient à ce que ces cavités, plus intéressantes à un autre point de vue pour les géologues, livrent passage aux vapeurs qui se dégagent du sein de la terre. Cette théorie, adoptée aussi à Ulloa, et qui s'accorde avec l'ancienne opinion des Romains sur le rôle des sources dans les tremblements de terre (11), est d'ailleurs peu confirmée par l'expérience. Des observateurs attentifs ont remarqué que les quartiers de la ville de Quito situés plus à l'est, et qui avoisinent Santa-Barbara et San-Juan-Evangelista, ont moins souffert que ceux qui sont traversés par les guaycos.

Les flancs du Pichincha, qui conduisent par une pente assez douce à la chute d'eau de la Cantuna, sont couverts d'une herbe courte appartenant aux Graminées sociales (Podosæmum debile, Gymnotrix et Stipa eminens, Cavan.). Au milieu de ce gazon fleurissent çà et là quelques Calcéolaires. La chute d'eau, située à 3368 mètres au-dessus de la mer, était en ce moment fort desséchée, et satisfit mal l'attente qu'elle avait excitée en nous quelques mois auparavant, lorsque nous l'apercevions de la *Plaza major*. Nous avançâmes plus loin, en suivant un ravin étroit, et laissant à droite la Croix de la Condamine (la Cruz de Pichincha), placée sur une hauteur de 4038 mètres et qui frappe les regards à une grande distance, nous arrivâmes dans une petite plaine tout à fait horizon-

tale, appelée Llano de la Toma ou Llano de Palmascuchu. La hauteur absolue de cette plaine est de 4440 mètres. Une autre plaine entièrement semblable, mais presque de moitié plus petite, et qui a tout au plus 600 mètres de large, le Llano de Altarcuchu, est située beaucoup plus à l'ouest et, comme le Llano de Palmascuchu, confine au dos même de la montagne. Ces deux plaines, qui semblent avoir été jadis recouvertes par les eaux, forment le dernier étage des vallées superposées en amphithéâtre, et sont séparées par un nœud de montagnes, sur le prolongement duquel s'élève la cime bizarre du Guagua-Pichincha. Dans la plaine de Palmascuchu, nous jouîmes d'un admirable spectacle, en portant nos regards sur l'Antisana et le prétendu volcan d'Ansango, sur le Cotopaxi et le Sinchulahua, tous appartenant à la Cordillère orientale. Il était onze heures du matin, et, malgré l'élévation, le thermomètre marquait encore 11° Réaumur. Le Guagua-Pichincha, vu de la plaine, fait l'effet d'un château démantelé. Nous croyions d'abord que ces espèces de fortifications étaient formées de colonnes perpendiculaires et articulées, mais en nous approchant, nous trouvâmes une roche noire semblable à de la rétinite, et divisée en couches minces, qui n'avaient souvent pas plus de deux ou trois lignes d'épaisseur; quelques-unes cependant en avaient de douze à quatorze. Toutes étaient très-régulièrement inclinées vers le nord de 85°. Leur direction était donnée par hor. 6,4, de notre boussole de mines allemande. De loin, des crevasses transver-

sales donnaient à cette roche brillante, à cassure fraîche, disposée presque verticalement, et qui n'avait encore subi aucune décomposition, quelque ressemblance avec un rocher de porphyre schisteux. Je désignai alors cette roche sous le nom de porphyre trappéen rétinitique; mais là où j'avais soupçonné la présence de la hornblende, Léopold de Buch qui, peu de temps après mon retour, examina soigneusement et à la loupe mes collections, un peu plus riches alors qu'elles ne le sont aujourd'hui, reconnut des cristaux bien déterminés d'augite qu'il retrouva encore dans les roches volcaniques du Chimborazo.

D'après une analyse plus récente de mon ami Gustave Rose, la masse noire rétinitique qui forme la base du Guagua-Pichincha à une hauteur de 4635 mètres, contient, outre l'augite, du labrador, mais elle ne contient ni feldspath, ni albite, ni hornblende. L'éclat de la roche est moindre que celui de la rétinite proprement dite; la masse est seulement luisante et légèrement transparente aux arêtes; la cassure en est inégale. Gustave Rose a pu la fondre en verre blanc au chalumeau, mais avec difficulté et seulement près des arêtes. Le labrador s'y trouve sous la forme de cristaux maclés à angles rentrants. Les cristaux sont blancs et d'une grande transparence; ils ont, dans la cassure, l'éclat vif de la nacre. D'un très-petit volume, car ils n'ont guère sur la face de la macle plus de deux lignes de longueur, ils sont disséminés en grand nombre dans la masse. Les cristaux d'augite sont

d'un vert noirâtre, petits et très-peu nombreux. Nous avons trouvé aussi sur le Pichincha, comme sur l'Etna, une espèce de dolérite où domine le labrador. Les contours du Guagua-Pichincha sont singulièrement déchiquetés, ce que nous avons remarqué dans beaucoup de roches volcaniques des Andes. Vers le sud-ouest, nous vîmes des aiguilles et des éminences en forme de pommes de pin, qui, épaisses à peine de dix pouces, s'élevaient perpendiculairement à huit ou neuf pieds de hauteur. L'esquisse des contours du Guagua-Pichincha, que j'ai prise avec grand soin dans la plaine de Chillo, à une distance de 25975 mètres avec une lunette dont le grossissement était de quatre-vingts fois, montre que le Guagua-Pichincha est bien l'*acutum et lapideum Cacumen* de l'inscription composée par la Condamine, et placée sur le mur du Collége des Jésuites. La cime qui s'élance d'abord sous la forme d'une tour est écrasée à l'extrémité.

En gravissant l'étroit ravin qui conduit à la petite plaine de Palmascuchu, située au pied du Guagua-Pichincha, et avant d'arriver à la Croix, nous avions trouvé, à une hauteur de 3500 mètres environ, les flancs nus du rocher recouverts çà et là de pierre ponce. A mesure que nous montions, ces dépôts devenaient plus abondants; nous reconnûmes bientôt que, sur la cime bizarrement configurée du Guagua-Pichincha, la pierre ponce se trouve en plus grande quantité du côté de l'ouest et du sud-ouest, c'est-à-dire sur la pente qui fait face au Rucu-Pichincha.

La teinte blanche et quelquefois jaunâtre de la pierre ponce contrastait avec la couleur noire de la roche augitique.

Les naturels qui nous servaient de guide nous avouèrent bientôt que jamais ils n'étaient parvenus jusqu'à la crête de la montagne. Ils n'imaginèrent rien de mieux à nous proposer, pour atteindre le troisième sommet, le pico de los Ladrillos, et approcher du cratère, que de regagner la plaine de Palmascuchu, et en gravissant les escarpements de la Loma Gorda, qui sépare deux crevasses presque parallèles, de redescendre dans les ravins d'Altarcuchu et de Verdecuchu (12). Un regard jeté sur la carte fait connaître la structure singulière et cependant uniforme de la montagne. Un grand nombre de vallées sans eaux, qui ne sont autre chose que des crevasses, descendent de la crête de la montagne et vont toutes aboutir à la plaine de Quito. Ce sont : 1° la crevasse de Cunturguachana (13) à laquelle, ainsi qu'on le verra plus tard, répond, du côté opposé, une autre ouverture voisine de Guapulo ; 2° la *Quebrada* qui conduit à la plaine de Palmascuchu ; 3° la crevasse de Verdecuchu ; 4° la vallée plus large de Yuyucha ; 5° un ravin qui de la plaine riche en pierre ponce, située au pied du Rucu-Pichincha, conduit dans la vallée de Lloa Chiquito. Les débouchés de ces ravins se trouvent disposés de telle façon que les grandes inondations, produites à chaque éruption volcanique par la fonte des neiges, sont détournées de la ville de Quito et

rejetées du côté de Lloa et dans la plaine de Turubamba. D'après les aperçus de la géognosie moderne, ce phénomène des failles du Pichincha n'est point sans quelque importance. Leur naissance se rattache au soulèvement général de la montagne. Elles n'ont point été creusées par l'eau, bien que les eaux provenant de la neige fondue puissent y avoir séjourné, dans les endroits où des digues transversales s'opposaient à leur écoulement. En fait, je crois avoir reconnu clairement, près du dos de la montagne, lorsque nous passâmes de la petite plaine de Verdecuchu, haute de 4235 mètres, dans celle d'Altarcuchu qui en a 4397, les assises successives de ces bassins qui formaient autrefois de petits lacs alpestres.

Au lieu de nous conduire au Picacho de los Ladrillos ou Montagne de Tuiles, par l'étroit passage couvert de pierre ponce qui joint cette montagne au Guagua-Pichincha, les Indiens nous firent tenter l'ascension en droite ligne à partir du bassin d'Altarcuchu, entouré de rochers presque perpendiculaires. La hauteur que nous avions à gravir n'était guère au reste que de 900 pieds. La cime de la Montagne de Tuiles est un cône couvert presque en entier de pierre ponce. Cette ascension nous rappela celle que nous avions faite sur le cône de cendres du pic de Ténériffe (Pan de Azucar). Une couronne de roche noire semblable à de la rétinite, et divisée en couches minces et verticales, a valu à la montagne le nom de Picacho de los Ladrillos. De loin, cette montagne que les indigènes appellent un

mur, semble formée d'étroites colonnes de basalte. La couronne de dolérite est interrompue par une couche de pierre ponce qu'elle enferme de toute part comme une île. J'ai dessiné deux fois l'aspect du cône, une fois de très-près, à 500 toises seulement de distance; une autre fois de la plaine de Chillo; et à l'aide d'une lunette; les deux esquisses sont parfaitement d'accord entre elles. La tache formée par l'îlot de pierre ponce m'a souvent servi, dans mes mesures d'angle, à ne point confondre un pic avec l'autre. Nous constatâmes que la hauteur du Pico de los Ladrillos est de 4680 mètres. L'espace que nous occupions nous permettait de visser sur son pied un graphomètre de Ramsden, et de mesurer, à l'aide du sextant, les angles nécessaires pour tracer la carte du volcan, et déterminer la situation des divers sommets relativement aux montagnes neigeuses qui les entourent. Nous souffrions beaucoup du froid; le thermomètre de Réaumur marquait 8° au-dessous de zéro. Des monceaux de neige couvraient çà et là la pente de la montagne. En jetant les regards vers la direction de l'ouest-sud-ouest, nous pûmes contempler dans toute la plénitude de sa magnificence, le Rucu-Pichincha entièrement couvert de neige. Nous ne savions point encore où était l'ouverture du cratère, car depuis le mois de juin 1782, personne n'était arrivé jusqu'au bord; on savait une seule chose, c'est qu'il s'ouvrait du côté de la mer du Sud.

Dans la même direction, on jouit sur la cime du Picacho de los Ladrillos du plus merveilleux spectacle

qu'il m'ait été donné de contempler, dans le cours de mes voyages à travers les montagnes. Le versant sud-ouest du Pichincha, est extrêmement escarpé et divisé aussi en coupes parallèles par des crevasses perpendiculaires à la croupe de la montagne. Nous avons dans des excursions postérieures appris le nom de deux seulement de ces étroites vallées : ce sont la *Quebrada* de Nina Urcu, et plus près du Pichincha, la *Quebrada* de las Minas de Melizaldi. Même dans ces hautes solitudes, au milieu de roches volcaniques, on n'a pu s'empêcher de fouiller le sol, pour y trouver des mines ou des trésors enfouis. Au pied du versant, on a devant soi la forêt impénétrable et riche en palmiers de los Yumbos, qui couvre une plaine vaste et chaude, bornée seulement par les côtes de la mer. Quant à savoir quel est le point du littoral le plus rapproché du volcan, il faut, jusqu'à présent, s'en tenir aux assertions de Malaspina, d'Espinoza et de Bauza. L'expédition des navires *la Descubierta* et *l'Arevida* a longé la côte depuis Guayaquil jusqu'au cap de Guasacama, à une distance de quinze à seize milles marines de 60 au degré. L'erreur que mes observations astronomiques m'ont permis de reconnaître pour la situation de la ville de Quito, trop reculée vers l'est des trois quarts d'un degré, et la position également beaucoup trop orientale, assignée par Malaspina et les autres navigateurs et géographes au port de Guayaquil, ont dû exercer une grande influence sur l'évaluation de la distance qui sépare le volcan du point le plus

rapproché de la côte. Comme les longitudes chronométriques de Malaspina sont comptées à partir du méridien de Guayaquil, il est nécessaire de corriger ces longitudes, et de les rapprocher vers l'ouest de 18 minutes d'arc, d'où l'on peut conclure, en rattachant le Pichincha à la ville de Quito, dont il est si peu distant, et en restituant à cette ville sa véritable longitude de 81° 4′, que le point le plus proche de la côte est situé à une distance de 88 minutes d'arc ou 22 milles géographiques de 15 au degré. Cette distance est celle de l'embouchure du Rio de Palmar à l'ouest, et dans la direction nord-ouest celle du petit golfe de las Sardinas et de San Mateo, voisin de la rivière d'Esmeraldas. Les côtes sont si inexactement dessinées sur la carte, d'ailleurs fort digne d'éloges, que la Condamine et Maldonado ont donnée de la province de Quito, que l'erreur, pour la première des deux distances indiquées ci-dessus, est de plus de 30 minutes d'arc.

La courbure de la terre permet, pour la hauteur du Pichincha, d'embrasser un horizon dont le rayon égale 2° 13′ sans réfraction, et 2° 25′ environ avec la réfraction, telle qu'elle se produit habituellement sous l'équateur. Il n'y a point de doute par conséquent que de la crête de la montagne les regards ne puissent s'égarer au loin sur la mer. L'horizon de la mer qui, comme on sait, se relève jusqu'à la hauteur de l'œil, de telle façon que les objets les plus voisins paraissent projetés sur la surface des flots, a sa limite, pour le Pichincha, à 56 minutes d'arc ou 14 milles géo-

graphiques au delà du littoral. Mais les épaisses et antiques forêts des Yumbos et de l'ancien gouvernement de Esmeraldas, arrosé par un grand nombre de fleuves, répandent dans l'atmosphère une immense quantité de vapeur d'eau ; et, tandis que vers le sud-est, nous contemplions au-dessus de la plaine de Quito le ciel le plus pur et le plus dégagé de nuages, à ce point que le cyanomètre de Saussure marquait 37°, à l'ouest, un nuage épais était répandu au-dessus de la plaine boisée. Il y avait pourtant dans le nuage une ouverture à travers laquelle nous apercevions une grande surface bleuâtre. Était-ce une de ces légères couches de nuages, dont la surface supérieure est souvent sans aucune inégalité, telles que j'en ai vu de grand matin flotter au-dessus de l'Océan, du haut du pic de Ténériffe et de plusieurs sommets des Cordillères? Ou bien était-ce, ainsi que l'affirmaient mes compagnons et comme la couleur semblait en effet l'indiquer, la mer du Sud elle-même ? Je n'ose le décider. Lorsque l'horizon de la mer se prolonge jusqu'à une distance de deux degrés, la quantité de lumière réfléchie par l'eau devient si faible que, dans le long parcours qu'elle doit faire pour arriver jusqu'à la cime d'une montagne, haute seulement de 15000 pieds, la plus grande partie en est absorbée par l'atmosphère. Dans ce cas, la limite de l'horizon n'est plus une ligne formée par l'air reposant sur l'eau ; on regarde dans le vide comme si l'on était en ballon. Gay-Lussac a éprouvé en effet que, dans un ballon, les ondes sonores parviennent

presque plus haut que la faible quantité de lumière terrestre réfléchie par l'horizon.

L'hygromètre à baleine de Deluc marquait 32° à l'ombre, entre onze heures et midi, par la température de 3° Réaumur, température dont il n'y a pas lieu de s'étonner, puisque, à la même hauteur environ, par une latitude australe de 0° 11′, les Astronomes français avaient vu dans leur cabane le thermomètre de Réaumur tomber à 5° au-dessous de zéro. Cette grande sécheresse se conserva même après que nous eûmes été enveloppés quelques instants d'un léger brouillard. L'hygromètre de Deluc, en effet, ne monta pas alors au-dessus de 34°, ce qui répond à 69° de l'hygromètre à cheveu de Saussure. La tension électrique de l'atmosphère produisit en même temps un singulier phénomène. Avant que nous fussions entourés de brouillards, un électromètre de Volta, vissé sur un conducteur métallique, et élevé par conséquent de 8 pieds au-dessus du sol, marquait 3 lignes d'électricité positive. Il était inutile de garnir les pointes d'une éponge fumante; mais aussitôt que nous entrâmes dans la couche de vapeurs, l'électromètre marqua subitement une ligne environ d'électricité négative, et dès lors, tant que dura la présence du brouillard, nous passâmes alternativement d'un signe à l'autre. Il faut supposer d'après cela qu'il se produisit un petit orage, d'ailleurs insensible, dans les globules de vapeurs disposés vraisemblablement en couches distinctes.

Du Pico de los Ladrillos, sur lequel nous nous trouvions, une chaussée étroite, complétement recouverte

de pierre ponce, conduit au sommet voisin et un peu moins élevé du Tablahuma, qui a la forme d'un cône parfait. Le mur horizontal qui joint les deux sommets est situé 90 mètres au-dessous de la Montagne de Tuiles, 66 mètres seulement au-dessous du Tablahuma. Dans les endroits où la roche est à nu, elle est aussi divisée en couches peu épaisses et très-inclinées, et ressemble à du porphyre schisteux. Avant mon voyage, j'avais fait construire par l'habile mécanicien Paul, de Genève, outre un cyanomètre qui laissait quelque chose à désirer, un appareil recommandé déjà par Saussure pour déterminer le point d'ébullition sur des hauteurs considérables. Je n'employai pas cette bouilloire thermoscopique, comme l'ont fait trop souvent de nos jours les voyageurs qui ont visité l'Asie Mineure, la Perse et la Bulgarie, pour mesurer des hauteurs d'après une méthode appliquée par Lemonnier dès 1739, méthode tellement défectueuse qu'une erreur d'un degré Fahrenheit peut en entraîner une de 340 pieds dans l'évaluation de la hauteur. Je m'attachai plutôt à observer simultanément, autant que je le pouvais, l'état du baromètre, la température de l'air, celle du mercure et celle de l'eau bouillante, afin de réunir tous les faits qui pouvaient servir à corriger la théorie fort chancelante encore de Deluc sur le point d'ébullition. L'appareil était disposé, lorsque nous nous aperçûmes que l'Indien chargé de porter le briquet n'était pas encore arrivé. Heureusement le soleil brillait de tout son éclat, et nous savions

qu'une plante alpestre cotonneuse de la famille des Composées, qui commence à croître à 13500 pieds de hauteur et que nous avons décrite pour la première fois sous le nom de Culcitium rufescens, offre toujours une matière sèche (yesca) qui s'enflamme très-facilement. Ce Frailexon du Pichincha ne doit point être confondu avec un autre Frailexon non moins cotonneux de la Nouvelle-Grenade, qui est une espèce d'Espeletia. Nous dévissâmes l'objectif d'une grande lunette de Dollond, et concentrant les rayons du soleil, nous enflammâmes le coton du Culcitium qui se laisse enlever comme un gant avec l'épiderme de la feuille. Lorsque la neige fondue commença à bouillir, le thermomètre de Fahrenheit marquait 187° 2, ce qui revient à un peu moins de 69° Réaumur.

Tout près de là, le baromètre, ramené à la température de zéro, marquait 16 pouces 4 lignes et 64/100. Le professeur Poggendorff a trouvé que mes observations sur le point d'ébullition de l'eau répondent, d'après la table établie par August sur les expériences de Gay-Lussac, à 199 lignes 4/10; d'après celle que Biot a établie sur les expériences de Dalton, à 200 lignes 9/100 : différence un peu plus de 1 ligne 1/2. J'avais remarqué et j'avais noté sur le rocher qui joint la Montagne de Tuiles au sommet du Tablahuma que, à 3°,2 de Réaumur, mon baromètre ramené à zéro marquait 196 lignes 64/100; résultat plus rapproché du chiffre que donne la table d'August que de celui que fournit la table de Biot. Il ne faut pas oublier d'ailleurs que, dans ces observa-

tions, un degré de Fahrenheit répond à 4 lignes 5/10 sur l'échelle du baromètre. Si l'on pouvait se fier davantage aux tables actuelles et aux déterminations de l'élasticité de la vapeur d'eau au-dessous de 80° Réaumur, il faudrait conclure de ces comparaisons que j'ai déterminé le point d'ébullition de la neige fondue dans un vase d'où la vapeur s'échappait facilement, comme dans l'appareil de Saussure, et que j'ai obtenu par conséquent une fraction un peu trop élevée.

La cime ignivome du Rucu-Pichincha était encore, ainsi que je l'ai déjà remarqué, à une distance considérable, et séparée de nous par un abîme immense. Nous ne savions pas le chemin ; il eût été imprudent, ne pouvant plus compter que sur trois heures de jour, de chercher à tourner cette cavité, qui n'était autre que le grand bassin de la *Cienega del Volcan*. Une circonstance fortuite, bien que peu importante, détermina mes compagnons à presser le départ. J'étais resté assez longtemps sur la croupe du Tablahuma, pour renouveler d'une manière plus complétement satisfaisante l'expérience de l'ébullition de l'eau. La fatigue que j'éprouvais à la suite d'une marche de dix heures par des chemins escarpés, le froid et l'épaisse vapeur de charbon que j'avais respirée, le brasier sur lequel je m'étais penché imprudemment afin de mieux observer, et dont les flammes débordaient, comme cela arrive d'ordinaire sur les hauteurs où la pression de l'air n'est plus que de 15 à 16 pouces, m'avaient causé un moment de faiblesse et de vertige. Même en faisant beaucoup plus d'efforts

et à des hauteurs beaucoup plus considérables, je n'avais jamais éprouvé auparavant et je n'ai jamais éprouvé depuis rien qui ressemblât à ce que je sentis alors. La vapeur de charbon y était pour beaucoup plus sans doute que la hauteur relativement insignifiante de 4592 mètres. Mes compagnons, qui étaient sur le versant oriental, s'aperçurent bientôt de cet accident, et vinrent en hâte me relever et me ranimer avec un peu de vin. Nous redescendîmes lentement à travers la vallée de Yuyucha, et nos regards furent charmés par l'aspect du volcan de Cotopaxi que la lune illuminait splendidement. De toutes les montagnes neigeuses, c'est celle à laquelle il arrive le plus souvent d'être complétement libre de nuages; peut-être la cause en est-elle dans la perfection de sa forme conique et dans l'absence de toute aspérité. Nous rejoignîmes nos mulets sans nouvel encombre, et à sept heures du soir nous étions de retour à Quito.

Il est vraisemblable que la roche dont est formé le Pichincha est à peu près la même dans les régions inférieures et dans les régions supérieures, au moins quant à sa composition chimique; seulement, vers le pied de la montagne, le grain plus grossier offre un aspect différent. Une carrière (cantera), située près d'une montagne isolée, que l'on désigne sous le nom de Panecillo ou Javirac, et sous laquelle les Incas avaient tenté de pratiquer une galerie conduisant à Turubamba, est, au point de vue géognostique, d'un grand intérêt. On y trouve une roche que les habitants appellent du grès; elle n'est point divisée en

couches; sa couleur est généralement d'un gris tirant sur le vert; elle prend cependant en quelques endroits une teinte rougeâtre, et contient, bien qu'en faible quantité, de petites lames de mica noir. Pendant mon voyage, j'avais donné à cette roche le nom de diorite porphyroïde à grains fins; mais d'après l'analyse plus scientifique de Gustave Rose, il se trouve que c'est une espèce de dolérite, criblée de petits pores. Dans la masse, il existe des cristaux blancs de labrador dont les angles sont nettement dessinés, ainsi que beaucoup de cristaux d'augite d'un vert noirâtre. On y chercherait en vain de la hornblende; mais à une hauteur moins grande encore, sur le sol même où est bâtie la ville de Quito, j'ai trouvé près de l'église San-Roque, dans une fosse de 15 pieds de profondeur, au milieu d'un dépôt d'argile, des filons de pierre ponce épais de 8 à 10 pouces.

En achevant le récit de ma première expédition au volcan de Pichincha, je dois encore mentionner les nombreux blocs aux arêtes aiguës qui sont épars à l'extrémité nord-est de cette longue montagne, dans la prairie d'Iñaquito ou Añaquito, célèbre par les combats que s'y livrèrent, en 1546, Gonzalo Pizarro et le vice-roi Blasco Nuñez Vela. Ces blocs, d'une vaste dimension et non poreux, ont beaucoup de rapport avec la roche du Pichincha que nous avons dit ressembler à de la rétinite. Les indigènes les appellent *Reventazon;* c'est un mot sans valeur déterminée, par lequel ils ont coutume de désigner les effets des ébran-

lements volcaniques et ceux de l'éruption. Les blocs sont disposés en rangées à peu près parallèles, mais ils sont beaucoup plus pressés au pied du volcan. L'emplacement qu'ils occupent porte le nom particulier de *Rumipamba*, c'est-à-dire plaine de pierres. Je crois que ces roches n'ont pas été lancées par le cratère actuel du Rucu-Pichincha, mais que peut-être, lors des premiers soulèvements de la montagne, ils ont été précipités du sommet à travers la crevasse de Cundurguachana. J'ai été très-frappé de voir que la petite chaîne de collines qui borde à l'est la plaine d'Iñaquito est percée, dans la même direction, par une crevasse qui porte le nom de Boca de Nayon. Je trouve à ce sujet dans mon Journal les lignes qui suivent : « La force qui déchirant le flanc de la montagne a ouvert violemment la vallée de Cundurguachana, peut bien être la même qui a fendu la chaîne de collines située à l'est. La Boca de Nayon est une pente naturelle qui conduit dans un petit enfoncement dont le sol est inférieur de 840 pieds à celui de la plaine d'Iñaquito. Dans cet étroit bassin est situé le riant village de Guapulo, dont la belle église est ornée de colonnes d'ordre dorique; le tout ressemble à une crevasse béante, et l'on a peine à se défendre de cette pensée que, dans une contrée toujours si exposée aux grandes révolutions qui bouleversent la surface de la terre, la crevasse peut se refermer, et ensevelir, sans qu'il en reste vestige, le village, l'église et toutes les images des saints qui protégent Quito. »

II

DEUXIEME MÉMOIRE

SUR LES VOLCANS DU PLATEAU DE QUITO

LU A L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN, DANS LA SÉANCE DU 10 MARS 1838.

Dans un premier Mémoire, j'ai fait voir le lien qui unit la conformation du plateau volcanique de Quito avec les Cordillères des Andes et les nœuds de montagnes transversales, dont les articulations régulières se reproduisent sur un espace de 60 degrés de latitude. A cette esquisse générale j'ai joint l'indication des moyennes par lesquelles j'ai rattaché trigonométriquement le volcan Rucu-Pichincha à la tour de l'église de la Merced, l'un des points qui jouent le plus grand rôle dans la mesure du degré exécutée par les Académiciens français, ainsi que le récit d'une première et inutile tentative pour parvenir jusqu'au cratère du volcan. De même que dans le monde organique chaque pas fait en avant pour mieux pénétrer la structure des organes et le mode de développement qui leur est propre, répand une lumière nouvelle sur l'ensemble

des phénomènes vitaux, de même l'ensemble de la vie volcanique de la terre se réflète dans l'image fidèle de chaque montagne ignivome. D'un regard jeté sur les faits particuliers naît une vue nouvelle qui les domine tous; et plus les observations sont reproduites avec simplicité et sans parti pris, plus aussi ressort nettement, en vertu de la force inhérente à chaque individualité, le caractère naturel du paysage, mieux on saisit, par une image fidèle, cette activité de l'écorce terrestre sillonnée de rides profondes, qui s'endort et s'éveille alternativement. Telles sont les considérations qui m'ont décidé à mettre en œuvre, bien que tardivement, les matériaux inédits de mon Journal de voyage. A mesure que se sont étendues les régions que j'ai eu le bonheur de visiter depuis près d'un demi-siècle, sous les climats les plus divers, ma conviction s'est affermie que, dans l'ordonnance qui règle le mouvement de la nature, les principes susceptibles d'être formulés en lois sont mis d'autant plus en lumière que les phénomènes particuliers ont été l'objet d'un examen plus attentif.

Si l'on embrasse d'un regard le groupe le plus septentrional des volcans de l'Amérique du Sud, l'opinion, souvent exprimée à Quito, que, depuis les temps modernes, l'activité volcanique s'est propagée à l'intérieur de ce groupe, dans la direction du nord au sud, acquiert un certain degré de vraisemblance. Cependant les considérations générales qui suivent et que me suggère la connaissance que j'ai acquise des Cordillères et de leurs em-

branchements, par une série de mesures et d'observations astronomiques, sont moins destinées à confirmer cette conjecture qu'à éclairer la situation des cratères qui ne sont pas encore fermés. Les points extrêmes du groupe auquel appartient le plateau de Quito sont le volcan de Sangay et le Paramo de Ruiz. A la vérité on trouve encore çà et là, en dehors de ce groupe, des roches sporadiques de trachyte, de mélaphyre et d'andésite, qui sont le résultat de phénomènes volcaniques; mais les éruptions de laves en fusion, les colonnes de fumée et les vapeurs chaudes, effets décroissants de l'activité terrestre, ne se sont pas produites, dans les temps historiques, au delà du deuxième degré de latitude australe et du cinquième degré de latitude boréale. Cette célèbre zone volcanique ne dépasse pas par conséquent en longueur la distance de Messine à Venise. Dans tout l'intervalle compris entre le Paramo fumeux de Ruiz, qui en forme la limite septentrionale, et dont le nouvel embrasement a été observé, en 1829, à S. Ana et à Marmato, à l'est et à l'ouest par conséquent de la Cordillère centrale, jusqu'au point où commencent les groupes volcaniques de Costa-Rica (14) et de Guatemala, par de là l'isthme de Panama, se trouve à la vérité, sur une étendue de quatre degrés et demi de latitude, une contrée souvent ébranlée par des tremblements de terre, mais qui, jusqu'à ce jour, est restée à l'abri des éruptions. A cette région appartiennent la partie septentrionale de la province de Cundinamarca, l'isthme

de Darien, les provinces de Panama et de Veragua. L'arc de cercle que décrivent les côtes du continent donne à cette zone intermédiaire une étendue de 140 milles géographiques. Il en est autrement vers le sud. L'espace sans volcan qui s'étend entre Quito et la Bolivie, et sépare ces deux groupes volcaniques d'une effroyable activité, est double de l'espace également libre de volcans qui s'étend au nord, depuis Ruiz jusqu'à Costa-Rica. De Tunguragua et de Sangay (lat. austr. 1° 59′) jusqu'à Charcani (lat. austr. 16° 4′) au nord-est d'Arequipa (15), on ne connaît point de volcan en activité; or cette distance est plus grande que celle de Messine à Berlin. On peut juger par là de la diversité et de la complication des circonstances qui, dans une même chaîne de montagnes, déterminent ou empêchent la formation de cratères permanents. Entre les groupes de montagnes formées des roches à travers lesquelles s'exercent les forces volcaniques, telles que le trachyte, la dolérite et l'andésite, se trouvent des espaces deux fois longs comme les Pyrénées, dans lesquels dominent le granite, la syénite, le schiste micacé, le schiste argileux, des conglomérats et un calcaire qui se rapporte à la craie inférieure et peut-être aux terrains jurassiques, d'après l'analyse qu'a faite Léopold de Buch des fossiles que j'avais emportés avec moi. Dans les Cordillères, des formations de plus en plus abondantes de labradorite, de pyroxène et d'albite annoncent au voyageur attentif le passage de la zone intermédiaire, plus calme et plus riche en gîtes mé-

tallifères, à la région qui communique encore librement avec l'intérieur du corps terrestre.

En signalant le groupe de volcans, auquel appartient le grand foyer volcanique de Quito, comme le groupe le plus septentrional de l'Amérique du Sud, je comprends sous cette dénomination générale tout ce que l'état actuel de nos connaissances géographiques me permet d'y faire rentrer, c'est-à-dire la succession de points qui, rangés du nord au sud entre les nœuds de montagnes d'Antioquia et d'Assuay ou entre les parallèles de Honda et de Guayaquil, présentent les traces les plus récentes d'éruptions ou d'autres effets dus à l'action des forces volcaniques. Parmi ces points, on peut distinguer le Paramo de Ruiz, situé à peu près par 4°57′ de latitude boréale; le cône de Tolima, peut-être la plus haute montagne du nouveau continent au nord de l'équateur, qui, mesurée trigonométriquement, a donné une hauteur de 5584 mètres, et dont une grande éruption, arrivée à la date du 12 mars 1595, a été connue depuis peu par un manuscrit de l'historien de la Nouvelle-Grenade, Fray Pedro Simon (16); la Quebrada del Azufral (lat. bor. 4° 46′), dans le passage de Quindiu, très-digne de remarque par les vapeurs de soufre qui s'échappent perpétuellement à travers des roches de schiste micacé; Purace, près de Popayan (haut. 4434 mètres, lat. bor. 2°20′); le volcan de Pasto (haut. 4100 mètres, lat. bor. 1°11′); el Azufral, Cumbal (haut. 4780 mètres, lat. bor. 0°53′), et Chiles, dans la province de los Pastos; enfin,

sur le plateau proprement dit de Quito, les volcans non encore éteints de Pichincha, de Cotopaxi, de Tunguragua et de Sangay.

Les ouvertures qui livrent passage à des éruptions de flammes et de vapeurs ne sont pas distribuées dans les articulations des Cordillères d'une manière uniforme. Au nord du nœud de Popayan, à partir de l'endroit où la chaîne se divise en trois branches, les volcans appartiennent à la Cordillère du milieu et non pas à la chaîne côtière, tandis qu'au sud de ce nœud, qui contient les sources du Rio Magdalena et du Rio Cauca, les Cordillères ne formant plus que deux chaînes parallèles, les trois volcans de la province de Pastos et le Rucu-Pichincha appartiennent à la chaîne occidentale; le Cotopaxi, le Tunguragua et le Sangay, nommé habituellement volcan de Macas et qui de 1789 à 1745 a été presque continuellement en éruption, comme Stromboli et autrefois Massaya (17), appartiennent à la chaîne orientale, ou en sont du moins fort rapprochés Ce n'est pas, comme en Bolivie et au Chili, le voisinage de la mer qui détermine l'emplacement des phénomènes volcaniques; les volcans de la plaine de Quito, qui depuis les cent dernières années se sont montrés le plus actifs et le plus redoutables sont au contraire situés à l'est et au sud. Le Sangay, dont la hauteur dépasse 5200 mètres, a vomi des flammes à plus de 6 lieues à l'est de la Cordillère orientale, entre la source du Rio Morona et la rive droite du Pastaza. J'ai le premier indiqué, dans ma carte générale de la chaîne des Andes,

deux exemples de volcans actifs, placés encore plus à l'est et plus éloignés de la mer : à savoir, le volcan de la Fragua, situé près de Santa Rosa, par 1°47′ de latitude boréale, que les missionnaires du Caqueta voient fumer sans cesse en descendant du cloître franciscain de La Ceja (18), et le Guacamayo, qui s'élève dans la province de Quixos, au milieu des Llanos de San Xavier (19). D'après plusieurs itinéraires et des combinaisons fondées sur des observations astronomiques, je trouve que la distance de Guacamayo à Chillo, la délicieuse maison de campagne du marquis de Selvalegre, est en droite ligne de 30 lieues, et cependant il m'est arrivé d'entendre pendant toute une semaine, presque à chaque heure, le tonnerre souterrain ou, comme disent les naturels, les rugissements (los bramidos) du Guacamayo.

La concentration, au moins apparente actuellement, de l'activité volcanique dans la partie méridionale du plateau de Quito, entre les parallèles du Cotopaxi et du Sangay, rapprochée des fréquentes éruptions du Pichincha au XVI^e^ siècle, a fait naître la croyance à un déplacement progressif de cette activité, dans la direction du nord au sud. Cette hypothèse a été confirmée par l'effroyable catastrophe du 4 février 1797 qui détruisit Riobamba, et dans un pays si peu peuplé, coûta la vie à 30000 personnes. Une population de montagnards, qui vit entre une double rangée de volcans, s'est nécessairement formé des théories, fondées sur des observations fausses ou vraies, mais auxquelles elle

s'attache aussi obstinément qu'un savant peut tenir aux siennes. Pour rebâtir les villes détruites par des tremblements de terre, on cherche, d'après des signes trompeurs, une contrée où la roche, comme disent les indigènes, ait épuisé l'action du feu, où la matière combustible, le soufre (los solfos), soit consumé, où les vapeurs ne cherchent plus vainement une issue. D'après cette croyance populaire, les ouvertures des volcans (las calderas) sont considérées avec raison comme les soupapes de sûreté des grands réservoirs où sont renfermées les vapeurs souterraines. C'est le sentiment qu'exprime déjà Strabon, lorsqu'il parle des tremblements de terre devenus plus rares en Sicile (20). J'ai souvent entendu dire que les désastres causés par l'horrible ébranlement du 4 février 1797 n'eussent pas eu lieu, si le sommet du Chimborazo se fût ouvert, si les vapeurs se fussent fait jour à travers le Tunguragua et le Cotopaxi, si la terre, en un mot, eût pu se décharger du trop-plein de ces vapeurs (desahogarse de los vapores) (21). Un pareil coup d'œil jeté sur l'enchaînement des phénomènes eût dû conduire aussi les habitants à cette observation, qu'il est extrêmement rare de voir les tremblements de terre limités à un petit cercle d'ébranlement, que presque toujours ils se produisent comme les effets de causes très-lointaines. Lorsque les Américains de race espagnole, qui sont singulièrement portés à ces migrations, ont choisi, pour y transporter leurs demeures, un emplacement nouveau, où ils ont pu quelque temps se croire en sûreté, et que

tout à coup ils ressentent des ébranlements ondulatoires, leur confiance dans l'immobilité du sol s'évanouit avant même que les églises et les couvents soient achevés de bâtir, on maudit les prétendus experts (expertos) sur le conseil desquels s'est faite la translation, et l'on regrette les ruines de l'ancienne patrie, parce que là du moins la dernière catastrophe avait tout apaisé, qu'il n'y avait plus ni matières inflammables ni forces élastiques.

C'est surtout dans la nouvelle ville de Riobamba, bâtie en 1798 sur l'immense plaine couverte de pierre ponce, qui sous le nom de Tapia, s'étend au pied d'un volcan éteint, le colossal Capac Urcu (22), que j'ai pu voir ces revirements de l'opinion populaire, conséquence naturelle des fantaisies géologiques dont se repaît l'imagination des habitants. De fréquentes secousses, accompagnées de craquements extraordinaires et de coups de tonnerre souterrains qui se faisaient entendre par intervalles, nous réveillaient pendant la nuit. C'était le premier ébranlement que l'on sentît en ce lieu; il suffit pour détruire toute la confiance qui avait fait prendre la résolution de rebâtir la ville. C'est trop d'exigence de vouloir, dans un pays volcanique, se garantir à la fois des tremblements de terre et des courants de lave. Les courants de lave ne sont pas à craindre sur le plateau de Quito; pour ce qui est des tremblements de terre, un repos même de plusieurs années ne peut donner une sécurité complète, parce que, d'après des observations que j'ai rassemblées moi-même avec grand soin, de nou-

velles communications souterraines s'ouvrent encore, et que l'on voit les secousses volcaniques gagner, pour ainsi dire, du terrain. Les cercles d'ébranlement s'élargissent, surtout après des explosions très-violentes. C'est ainsi que des points éloignés, placés dans des directions différentes, et dont rien, jusqu'à l'époque dont je parle, n'avait troublé la tranquillité, vibrent maintenant à l'unisson.

Des exemples généralement connus prouvent que les volcans peuvent recommencer soudainement à vomir des flammes, après un repos apparent de plus de cent années (23), et alors même que l'intérieur du cratère s'est revêtu de végétation. Les théories sur la marche de l'activité volcanique et sur la direction que peuvent suivre ses manifestations progressives sont donc aussi incertaines que peut l'être, dans les groupes reconnus volcaniques, la classification en cratères actifs et en cratères éteints. Tandis que les cônes les plus méridionaux de la plaine de Quito, le Cotopaxi, dont au mois de février 1803 j'ai vu une éruption qui a retenti fort au loin dans la mer du Sud, et le Tunguragua, semblent aujourd'hui sommeiller, juste à l'extrémité opposée du même groupe, le Paramo de Ruiz s'est enflammé de nouveau. Il y a neuf années que l'on aperçoit sans interruption, à des distances de plus de 25 lieues, la colonne de vapeur qui sort du sommet de cette montagne. Quant à l'opinon que dans une rangée de volcans, quelle qu'en soit l'étendue, les plus éloignés les uns des autres sont liés entre eux par des

communications souterraines, cette pensée si bien résumée par ces expressions de Sénèque (24) : « Un volcan n'est qu'un chemin ouvert aux vapeurs élastiques comprimées dans les profondeurs de la terre, » a été confirmée, à la fin du siècle dernier, par une expérience mémorable, ainsi que j'ai eu déjà l'occasion de le dire ailleurs (25). Le 4 février 1797, dans la matinée où la ville de Riobamba fut détruite par un effroyable tremblement de terre, les habitants de Pasto virent s'évanouir subitement la colonne de fumée qui depuis un mois sortait sans interruption du volcan situé près de leur ville, et à 80 lieues de Riobamba. D'immenses éboulements eurent lieu aussi sur la pente du Tunguragua; un vaste bouleversement du sol dépouilla cette montagne des magnifiques forêts qui en couronnaient les flancs.

Pour montrer le lien qui unit entre eux les phénomènes volcaniques, et les reproduire dans leur ensemble, c'est-à-dire pour écrire un chapitre de l'histoire encore inédite du corps terrestre, j'entends l'histoire fondée sur une tradition sévère, non pas celle qui se compose de mythes et d'hypothèses, il est nécessaire d'appliquer à tous les phénomènes un examen attentif et détaillé. Il est difficile à la vérité, pour le nouveau continent, de remonter plus loin que la découverte et la conquête espagnole. Quelques phénomènes seulement, en raison de l'effroi qu'ils ont causé, se trouvent rattachés au règne des souverains de la dynastie des Incas ou de la race royale des Aztèques, et ont ainsi des dates certaines. Pour le

volcan voisin de la ville de Quito, le Pichincha, auquel est encore consacré ce second Mémoire, je puis citer six éruptions dont cinq tombent dans le XVI^e^ siècle : à savoir, en 1534, en 1539, le 17 octobre 1566, en 1577, en 1580; enfin la dernière a eu lieu le 27 octobre 1660. Lorsque le Conquistador mexicain, Pedro de Alvarado, célèbre par ses faits d'armes et par son saut prodigieux (26), fit cet acte de témérité de gravir avec sa cavalerie, à travers d'épaisses forêts, les hauteurs qui s'étendent depuis le port de Pueblo Viejo, sur la mer du Sud, jusqu'à la surface du plateau, les Espagnols furent effrayés par une pluie de cendres qui jaillissait du Pichincha. Gomara assure que cette pluie s'étendait à une distance de 80 *leguas*, et que la montagne bouillante (monte que hierve) vomissait en même temps des flammes, avec accompagnement de tonnerre souterrain (27). Combien doivent remonter plus haut les éruptions d'où provient la pierre ponce que l'on trouve recouverte de couches de terre glaise, épaisses de 15 pieds, sous le pavé de Quito! Le 17 octobre 1566, le Pichincha vomit aussi une pluie de cendres qui dura vingt heures et ravagea toutes les prairies de la province. Un mois plus tard, le 16 novembre, il tomba une quantité de cendres plus considérable encore. La peur chassait les Indiens sur les montagnes, et il fallut des tombereaux pour déblayer les rues (28). Durant tout le XVI^e^ siècle, les Andes du Chili, de Quito et de Guatemala furent dans un état effrayant d'irritation volcanique. Il est question d'une manière générale

du Pichincha dans deux biographies très-rares, consacrées par deux jésuites, Jacinto Moran de Butron et Thomas de Gijon, aux œuvres miraculeuses de Beata Mariana de Jesus (29), dont le nom mystique était le Lys (la Azucena) de Quito; mais elles ne contiennent de détails que sur l'éruption de 1660, qui paraît y être fidèlement relatée (30).

« Depuis l'effroyable scène de 1580, dit Butron, le volcan était au repos; mais le 27 octobre 1660, entre sept et huit heures du matin, la ville de Quito fut de nouveau dans le plus grand péril. Au milieu de nombreux craquements, semblables à des coups de tonnerre, des quartiers de roche, des flots de résine et de soufre (brea y solfos) descendaient dans la mer le long du Rucu-Pichincha. Des flammes s'élevaient au-dessus du cratère, mais la pluie de cendres ou de terre (lluvia de tierra) qui tombait à Quito et la situation même de la ville ne permettaient pas de les apercevoir. Il n'arrivait dans la ville que de la cendre et des rapilli (cascajo); le sol des rues se soulevait et s'abaissait comme les flots de la mer; les animaux et les hommes avaient peine à se tenir sur leurs pieds. Ces oscillations durèrent sans interruption huit à neuf heures. En même temps la pluie de cendres jetait la ville dans une obscurité profonde; on courait dans les rues avec des lanternes, mais les lumières brûlaient difficilement, et n'éclairaient que les objets les plus voisins. Les oiseaux, suffoqués par l'air épais et noir, tombaient morts sur le sol. » Dans ce tableau, un peu

trop coloré peut-être, il ne faut pas prendre les courants de résine et de soufre qui du Pichincha entraînaient les rocs calcinés jusque dans la mer, pour des courants de lave, non plus que dans la description faite par la Condamine de l'éruption du Cotopaxi en 1744. La substance qui, dans ces phénomènes, met tout en mouvement, est la neige fondue ; elle fait couler avec elle en étroits ruisseaux les scories, les rapilli et la cendre, dont le mélange forme une espèce de bouillie résineuse. Un excellent observateur, le colonel Hall, fait mention de semblables matières déversées par le Rucu-Pichincha, probablement entre les années 1828 et 1831. « Le pied de la montagne, dit-il, est souvent ébranlé par des commotions intérieures ; et tout récemment, un chemin conduisant au village de Mindo, dans la plaine boisée des Yumbos, et côtoyant une rivière qui descend du Pichincha et communique avec le cratère, a été détruit par une éruption boueuse (31). La véritable nature de ces éruptions aurait besoin, pour être bien connue, d'une nouvelle analyse oryctognostique et chimique. C'est du moins un fait acquis à la science, et cela même est un motif de curiosité de plus, que la Moya de Pelileo, dont Klaproth a fait l'objet d'un Mémoire, est inflammable, car j'ai vu moi-même des Indiens faire cuire leurs aliments sur de la Moya fraîche, et qu'elle contient en même temps des parties carbonisées et des fragments de cristaux feldspathiques. »

Si l'on songe qu'en droite ligne il n'y a pas plus de

10700 mètres entre la ville de Quito et le cratère du Rucu-Pichincha, et que presque chaque mois des tremblements de terre, et même sans tremblement de terre, des craquements souterrains qui m'ont toujours fait une impression de plus en plus profonde, ou des sons aigus semblables à des bruits de chaînes, rappellent aux habitants le voisinage du foyer volcanique (32), il semble presque impossible de croire que, lors de mon séjour à Quito, il n'existât personne, ni parmi les blancs ni parmi les hommes de couleur, qui connût par ses propres yeux la situation du volcan. Personne cependant n'avait tenté de parvenir jusqu'au bord du cratère depuis Bouguer et la Condamine, c'est-à-dire depuis soixante ans. Ces voyageurs avaient trouvé les habitants de Quito dans la même ignorance en 1742, et pourtant, lors de leur ascension, on devait avoir encore présent le souvenir de la dernière grande éruption, qui ne remontait qu'à soixante-dix-huit années. La Condamine raconte, avec la grâce et la vivacité habituelles de son langage, comment, durant un séjour de sept années, il ne put savoir la direction à prendre pour arriver à l'enceinte du cratère, comment, après avoir longtemps erré sur les indications de prétendus guides, il trouva enfin lui-même ce qu'il cherchait, sans pouvoir vaincre malheureusement les craintes de Bouguer, qui ne lui permirent pas de faire des observations aussi précises qu'il l'eût voulu (33).

Depuis ma première excursion sur le Pichincha, j'avais visité le Cotopaxi jusqu'à une hauteur de

4410 mètres au-dessus du niveau de la mer, ainsi que le sol classique de la plaine d'Yaruqui, dans laquelle les Astronomes français, chargés de mesurer l'arc du méridien, commirent l'imprudence d'élever une petite pyramide qui blessa la susceptibilité intraitable des Espagnols. Ce fut l'occasion d'un procès dont il existe des Relations fort étendues, et qui, en l'absence d'événements politiques plus importants, intéressa vivement la cour de France et la société de Paris. Le moment de mon départ pour Lima, où je devais aller observer le passage de Mercure, approchait; il me parut honteux de quitter la plaine de Quito, sans avoir examiné par moi-même le cratère du Pichincha. Le 26 mai 1802, durant l'absence de mon compagnon, M. Bonpland, qui était allé dans la solitude de Chillo préparer le squelette d'un lama, je renouvelai ma tentative, cette fois avec plus de succès. M. Xavier Ascasobi, habitué à chasser sur la région moyenne du Pichincha (en las faldas), me promit de me conduire au pied d'un escarpement semblable aux ruines d'un château fort, qui vraisemblablement renfermait le cratère. A partir de là, je devais seul tenter la fortune et chercher le moyen d'atteindre jusqu'aux créneaux supérieurs.

Deuxième expédition. — Nous commençâmes notre voyage avant six heures du matin, accompagnés d'un grand nombre d'Indiens qui portaient nos instruments (34). Le temps paraissait très-favorable; aucun

nuage ne troublait l'azur profond du ciel ; la température était de 12° 3′ Réaumur. D'antiques et puissants troncs de Cedrela, que l'on appelle Cèdres dans le pays, à cause de la couleur du bois, ombrageaient les bords du Rio Machangara et rappelaient la végétation plus vigoureuse des forêts qui jadis couvraient cette contrée. Des Tillandsies barbues et des Orchidées en fleurs formaient comme un tapis de mousse autour de ces troncs qui, d'après la tradition, remontent au delà de la Conquête espagnole. Ce sont les restes de la forêt de Cedrela, qui fut abattue lorsqu'on construisit le premier cloître de franciscains. Un grand nombre de ces arbres servirent à la toiture du cloître, et sur l'emplacement de la forêt défrichée, le Père Jodocus Rixi, de la ville de Gand, confia à la terre les premiers grains de céréales. J'ai tenu entre mes mains le pot de terre dans lequel furent apportées les premières semences de froment : on le conserve comme une relique vénérable. L'inscription allemande tracée sur le vase, et qui n'est autre chose qu'une devise de buveur, est citée dans mes *Tableaux de la Nature* (35). Aujourd'hui la pente du Pichincha n'est revêtue que d'une herbe rase, au milieu de laquelle croissent quelques arbustes de Barnadesia et de Duranta, mêlés au bel Aster rupestris et à l'Eupatorium pichinchense. Le chemin que nous suivions était d'abord exactement le même que nous avions pris lors de notre première excursion. Nous montâmes encore de la grande chute d'eau de Cantuna sur la plaine de Palmascuchu, haute de

4440 mètres, où, en me plaçant au-dessous d'un dôme de forme bizarre et percé d'un grand nombre de crevasses que l'on a coutume d'appeler les fenêtres (las ventanillas) du Guagua-Pichincha, je pus mesurer de nouveau un angle très-nécessaire pour la construction de ma carte, entre la tour la plus orientale de l'enceinte du cratère et l'église de la Merced, le premier méridien que les Académiciens français aient pris pour point de départ de leurs mesures.

Pour éviter en nous dirigeant vers la *Llanura* de Verdecuchu, la pente abrupte de la Loma gorda, nous appuyâmes davantage vers le nord, et après avoir traversé le lit de l'ancien lac d'Altarcuchu, nous arrivâmes non sans beaucoup d'efforts et de vives contestations entre les guides, tous aussi ignorants de la contrée les uns que les autres, à un second nœud de montagnes situé au sud du Tablahuma. Après avoir gravi ces hauteurs, nous nous trouvâmes pour la première fois dans la vallée de Yuyucha, qui débouche sur la ville de Quito; enfin, par delà l'alto de Chuquira, nous arrivâmes à la plaine tant désirée que l'on désigne sous le nom de *Cienega del Volcan*. La carte que j'ai tracée du Pichincha, bien qu'elle ne soit qu'une esquisse géognostique, permet du moins de suivre des yeux la route entrecoupée de montées et de descentes que nous avons parcourue. Au-dessus du plateau de Verdecuchu, jusqu'à une hauteur de plus de 4850 mètres, on voyait encore quelques troncs de Verbesina en arbre : ce sont les syngénèses que j'ai citées dans ma *Géographie des*

plantes (36). Le vaste bassin de la Cienega qui débouche dans la vallée de Lloa Chiquito, et n'a pas moins de 3500 mètres du sud-sud-ouest au nord-nord-est, est sans aucune trace de végétation. Le sol en est horizontal et presque de niveau avec le *Llanito* de Altarcuchu. La Cienega est entièrement recouverte d'épaisses couches de pierre ponce d'une blancheur éclatante avec quelques reflets jaunâtres. Tantôt la pierre ponce se présente en fragments d'un pouce de longueur, tantôt elle est réduite en sable et en poussière, et l'on y enfonce jusqu'au genou. Au milieu de cette mer de cendres et de pierre ponce, s'élève le Rucu-Pichincha, c'est-à-dire l'Ancien, le Père; il apparaît en retraite du côté du couchant, suivant un axe qui passe par les fortifications naturelles de l'Ingapilca, par le Guagua-Pichincha ou le Fils, et la Montagne de Tuiles ou Picacho de los Ladrillos. Le voyageur placé au pied de cette montagne presque isolée ne peut en contempler la structure sans admiration. J'ai distingué trois rochers étroits, noirs, semblables à des tours et tout à fait dépourvus de neige. De ces rochers, celui qui est placé au milieu, forme avec les deux autres, des angles obtus de 130°. Tous trois sont unis par des pans de montagnes un peu moins élevés qui alors étaient en grande partie couverts de neige. On verra bientôt que nous étions en ce moment près du bord oriental du cratère, et que ces pans de montagnes formaient les deux côtés d'un triangle isocèle. La partie inférieure de l'escarpement qui rejoint

les rochers est couverte de pierre ponce, et supporte des blocs énormes de dolérite calcinée, qui gisent épars çà et là. Quelques-uns de ces blocs ont 22 pieds de long, 18 de large et 12 de haut. Je les trouvai à moitié ensevelis dans des cendres volcaniques, sur des pentes inclinées de 20 à 30°. On ne peut supposer qu'ils aient été apportés là par des torrents de neiges fondues, comme les blocs également calcinés que l'on rencontre autour du Cotopaxi; ceux du Pichincha sont restés aux endroits où l'éruption les a lancés. La structure de ces masses pyroxéniques est fibreuse en quelques parties. D'autres quartiers de roc d'un gris cendré offrent l'éclat luisant de la soie. Quant à de l'obsidienne, je n'ai pu en trouver de trace nulle part.

Les guides qui portaient les instruments les plus lourds étaient, comme d'habitude, restés en arrière. J'étais seul avec un créole fort instruit, d'origine espagnole, M. Urquinaona, et un Indien, Felipe Aldas. Nous étions assis, en assez triste disposition, au pied des retranchements qui couronnent la montagne. Le cratère que nous cherchions était sans contredit derrière l'enceinte de rochers que nous voyions à l'ouest; mais comment y parvenir, comment arriver même jusqu'à cette enceinte? Les masses en forme de tours qui nous en séparaient étaient taillées à pic; quelques-unes étaient absolument verticales. Sur le pic de Ténériffe, j'étais parvenu à gravir le cône de cendres (Pan de Azucar), en suivant l'arête d'un rocher en saillie (37), à laquelle je me crampon-

nais avec les mains, non sans les déchirer. Cette fois encore, je résolus de gravir la pente couverte de pierre ponce, en suivant le bord du rocher le plus méridional. Nous fîmes deux tentatives pénibles; la première fois nous nous élevâmes de 300 pieds environ, la seconde, de plus de 700. La neige que nous foulions nous parut de force à nous porter, et nous espérions d'autant plus parvenir jusqu'au bord du cratère, que nous étions très-vraisemblablement dans la plaine neigeuse qu'avaient traversée, soixante ans auparavant Bouguer et la Condamine, avant d'arriver au cône de cendres. La description des voyageurs français s'accordait parfaitement avec la disposition des lieux; rien presque ne paraissait changé (38). La couche de neige semblait si ferme que notre plus grande crainte était, si nous venions à tomber, de glisser sur cette surface unie, et d'aller nous heurter contre les blocs aux arêtes aiguës, épars dans la plaine de pierre ponce. Tout à coup cependant l'Indien Aldas, qui marchait devant moi, poussa un cri d'effroi : l'écorce glacée de la neige venait de se rompre sous lui. Il était enfoncé jusqu'au milieu du corps, et comme il assurait que ses pieds n'avaient rencontré aucun appui, nous craignions qu'il ne fût suspendu au-dessus d'un précipice. Heureusement nous nous exagérions le danger. Aldas, en écartant les jambes, avait rassemblé sous lui une grande masse de neige qui, pressée par le poids de son corps, avait pris la forme d'une selle; il était en quelque sorte à cheval, et comme nous remarquions

qu'il n'enfonçait pas davantage, nous pûmes chercher sans précipitation le moyen de le tirer de là. L'opération réussit; nous le prîmes en arrière et le chargeâmes sur nos épaules. Cet accident nous avait fait perdre un peu de notre confiance; l'Indien, dont les craintes superstitieuses augmentaient à mesure que nous approchions du cratère, protestait contre toute tentative qui le forcerait à rester plus longtemps sur cette neige perfide. Nous redescendîmes pour tenir conseil de nouveau.

En considérant de plus près la tour orientale, placée entre les deux autres, sur l'enceinte même du cratère, elle ne paraissait très-escarpée que dans sa partie inférieure. Plus haut, l'inclinaison diminuait, et la roche était coupée par des espèces d'assises disposées en gradins. Je priai M. Urquinaona de demeurer sur un bloc de pierre, dans la Cienega, et d'attendre tranquillement qu'il me vît apparaître sur le sommet de la tour dépourvue de neige; alors seulement il devait venir me rejoindre. Le complaisant Indien se laissa encore persuader de m'accompagner. A la vérité, ainsi que j'ai pu m'en assurer plus tard, la hauteur totale du rocher au-dessus du point le plus bas de la Cienega était au moins de 500 mètres, mais c'est seulement aux trois-quarts de cette hauteur que le rocher se dégage du manteau de pierre ponce qui le recouvre. Lorsque nous fûmes arrivés à la partie nue du rocher, et que, harassés, ne sachant quel chemin prendre, mais toujours soutenus par l'espérance, nous nous hissions

sur les étroites saillies et sur les aspérités aiguës des rochers, nous fûmes enveloppés d'une vapeur qui s'épaississait toujours, mais n'avait point encore d'odeur. Cependant les degrés du rocher devenaient plus larges et rendaient l'ascension moins difficile. Nous ne rencontrâmes à notre grande satisfaction que quelques flaques de neige larges de 8 à 12 pieds et tout au plus épaisses de 8 pouces. Après ce qui nous était arrivé, nous ne craignions rien tant que la neige à demi gelée, le brouillard ne nous permettant de voir que le rocher même sur lequel nous marchions; tout le reste était plongé dans l'obscurité. Nous avançions enveloppés d'un nuage; une odeur pénétrante d'acide sulfureux nous annonça que nous étions près du cratère, mais nous ne soupçonnions point que nous fussions, pour ainsi dire, suspendus au-dessus de l'abîme. Nous fîmes encore avec précaution quelques pas dans la direction du nord-ouest. L'Indien Aldas était devant; je marchais derrière un peu à gauche; tous deux nous observions le plus grand silence, comme ont toujours soin de faire les hommes qui ont appris par une longue expérience le danger des ascensions sur les montagnes.

Grande fut mon émotion, lorsque, immédiatement devant nous, mes regards tombèrent sur un bloc de rocher suspendu dans le vide, et qu'en même temps, entre ce rocher et l'extrême limite de la couche de neige qui nous portait, je vis briller à une profondeur immense une flamme qui semblait se mouvoir. Je tirai violemment l'Indien par son *poncho*, sorte de

chemise faite avec la laine du Lama, et le poussant à gauche, le forçai de se jeter à plat ventre sur le sol, c'est-à-dire sur un quartier de roc dégarni de neige, qui offrait une surface horizontale longue à peine de douze pieds et large de sept ou huit. L'Indien sembla comprendre rapidement ce que la prudence avait exigé. Nous étions étendus sur une espèce de plate-forme, qui paraissait former la voûte au-dessus du cratère. L'effroyable gouffre était là béant devant nos yeux, à une proximité qui donnait le vertige. Une partie de l'ouverture, taillée à pic, était remplie de colonnes de vapeurs qui tourbillonnaient. Un peu plus rassurés cependant sur notre situation, nous commençâmes à examiner les objets environnants. Nous reconnûmes que la surface dépourvue de neige, sur laquelle nous nous étions jetés, était séparée de la masse neigeuse, où nous étions auparavant, par une crevasse large à peine de deux pieds. Cette crevasse était recouverte, dans une partie de sa longueur seulement, d'un pont de neige gelée qui nous avait supportés l'espace de quelques pas. Une petite esquisse que je traçai de ces lieux dans une troisième excursion, et que je possède encore, indique ce singulier chemin. La lumière que j'avais vue à travers la fissure qui séparait la couche de neige et le rocher suspendu entre les parois de l'abîme, n'était nullement l'effet d'une illusion. Nous la revîmes lors de ma troisième ascension, au même point et à travers la même ouverture, qui n'était autre qu'une région du cratère, dont les sombres profondeurs

entretenaient alors un grand nombre de petites flammes, produites peut-être par des vapeurs d'acide sulfureux. Les reflets du soleil sur une surface luisante ne pouvaient être pour rien dans ces apparitions lumineuses, car au moment où nous les observions, le soleil était voilé par des nuages. A force de frapper avec une pierre le pont de neige, nous élargîmes l'ouverture qui laissa passer une masse considérable de neige et de glace. A la place où nous frappions, la neige n'avait pas plus de huit pouces d'épaisseur ; mais elle était certainement plus épaisse dans la partie qui nous avait portés, et à laquelle nous devions de n'avoir point été précipités du haut en bas. Je n'aurais point insisté sur le récit de ce petit événement (39), s'il n'avait dû jeter quelque jour sur la conformation bizarre d'une partie de l'enceinte du cratère.

Les mots sont impuissants à rendre l'état de chaos dans lequel apparaît le cratère du Rucu-Pichincha. C'est un bassin oval dont le grand axe, dirigé du nord au sud, a plus de 1560 mètres. Cette dimension est la seule que nous ayons pu déterminer trigonométriquement à Poingasi, en mesurant l'angle compris entre les deux rochers qui dominent le cratère au nord et à l'est. Le bord oriental du cratère, comme je l'ai déjà fait remarquer, forme les deux côtés d'un angle obtus ; le bord opposé, au contraire, est arrondi ; il est plus bas et échancré comme une vallée vers le milieu, en face de la mer du Sud. Je n'ai eu aucun moyen de mesurer trigonométriquement le petit

axe de l'est à l'ouest, non plus que la profondeur du gouffre. De la hauteur où nous étions, on aperçoit des sommets de collines polis comme la glace et en partie déchiquetés, qui certainement sortent du sol même du cratère. Deux tiers du bassin étaient complétement remplis par des vapeurs d'eau et de soufre. Ces vapeurs nous empêchaient de distinguer l'arête de rochers (rippe), qui, suivant le récit de la Condamine, partage le cratère en deux parties. Toutes les estimations qui portent sur la profondeur de vastes cratères sont un peu remises au hasard, d'autant plus qu'elles sont toujours faites sous l'influence d'une imagination vivement surexcitée. C'est l'effet que j'éprouvais, en jetant mes regards de la hauteur où est plantée la Croix de Pichincha sur les habitations de la ville de Quito; cependant, je présume que la partie visible du cratère a tout au plus de 12 à 1500 pieds de profondeur. En 1742, c'est-à-dire 82 ans après la dernière grande éruption, la Condamine jugeait que le cratère était complétement éteint; et cependant nous avons vu 61 ans après l'ascension de la Condamine et 148 ans après l'éruption, les traces les plus manifestes de la présence du feu. Des lumières bleuâtres se mouvaient çà et là dans le gouffre, et, bien qu'il régnât alors un vent d'est, qui, malgré la hauteur où nous étions, ne pouvait être pris pour un contre-courant des vents alisés, nous sentions sur le bord oriental une odeur d'acide sulfureux, tantôt plus forte, tantôt moins. Le point où je me trouvais était à 4850 mètres au-dessus

du niveau de la mer, ainsi que je m'en suis assuré plus tard par des mesures barométriques. Le Rucu-Pichincha s'élève à peine de 68 mètres au-dessus de la limite inférieure des neiges éternelles ; quelquefois même je l'ai vu de la plaine de Chillo entièrement dégarni de neige.

L'Indien redescendit du haut du rocher dans la Cienega pour chercher mon compagnon de voyage, M. Urquinaona. Il n'était pas besoin de lui recommander de franchir la crevasse sans poser le pied sur l'étroit pont de neige. Tandis que j'étais seul assis au bord du cratère, je remarquai que mes chaussures toutes trempées d'eau se séchaient rapidement à des courants d'air chaud qui montaient du gouffre. Le thermomètre qui, dans la Cienega, marquait 4° Réaumur, s'éleva un instant jusqu'à 15°,3, tandis qu'étendu sur le sol je tenais l'instrument au-dessus du cratère. Si, sur les bords mêmes de l'ouverture qui relient entre elles les trois tours de rocher, la neige s'avance jusqu'à une distance de quelques pieds seulement, cela tient à l'épaisseur des couches et à l'inégalité des courants aériens. La Condamine affirme avoir reconnu clairement des taches de neige au milieu de scories noires, sur la cime même des collines qui s'élèvent du fond du cratère ; pour moi, je n'ai point aperçu de trace de neige à l'intérieur ; j'ai vu seulement les effets de couleur les plus divers, produits par des masses blanches, vertes et rouges, telles que les métaux oxydés en offrent aux regards dans tous les volcans. Après avoir longtemps at-

tendu seul dans ces solitudes, je vis apparaître enfin M. Urquinaona. Bientôt nous fûmes enveloppés d'un brouillard extrêmement épais, produit vraisemblablement par le mélange de courants d'air à des températures très-inégales. Il ne nous restait plus qu'une heure jusqu'au coucher du soleil; heureux d'avoir atteint notre but, nous nous hâtâmes de redescendre dans la Cienega del volcan.

Sur la poussière de pierre ponce qui recouvre la surface de cette plaine, notre Indien nous fit remarquer les traces du petit Lion des montagnes ou Lion sans crinière, nommé par les Espagnols *Leoncito de monte* et *Puma chiquito.* Cet animal, qui n'a point encore été décrit (40), est très-différent du grand Lion américain ou Caguar (Felis concolor). D'après des exemplaires que j'ai vus plus tard et qui nous avaient été amenés de la plaine de Lloa, le Lion des montagnes est extrêmement petit: c'est à peine s'il a un pied et demi de haut; mais sa tête est forte, et, à la hauteur des yeux, a 5 pouces un quart de largeur. Les canines de cette espèce de Felis, au pelage d'un rouge jaunâtre et non tacheté, atteignent, dans leur plein développement, une longueur de 13 lignes. L'homme, d'ailleurs, n'a rien à craindre de cet animal. Le Puma chiquito paraît rechercher de préférence les hautes solitudes qui environnent le volcan, car la Condamine avait trouvé dans la même région la trace de ses pas. Nous parvînmes à gravir heureusement, avant la tombée de la nuit, le nœud de montagne escarpé qui sépare la Cienega

de la vallée de Yuyucha, à travers laquelle nous regagnâmes la ville de Quito. L'obscurité était profonde; pas une étoile ne brillait au ciel. Nous arrivâmes à onze heures et demie, non sans avoir fait des chutes nombreuses dans ces difficiles sentiers. Durant cette excursion de dix-sept heures, nous en avions passé quatorze à marcher.

Troisième ascension. — Le 27 mai, le lendemain par conséquent de notre seconde ascension, on ressentit vers le soir à Quito des ébranlements souterrains très-violents. La nouvelle que le volcan s'était rallumé avait causé aux habitants une inquiétude mêlée d'irritation. Le bruit se répandait que les étrangers hérétiques (los hereges) avaient jeté certaines poudres dans le gouffre, et qu'à cette cause devaient être attribués les derniers tremblements de terre. Nos compagnons étaient arrivés de la maison de campagne de Chillo. Le 28 donc, à quatre heures et demie du matin, je me retrouvais de nouveau sur la route du Rucu-Pichincha avec Bonpland, le savant José Caldas, élève du grand botaniste Mutis, et Carlos Montufar plus jeune et si digne d'être aimé, qui, fait prisonnier quelques années plus tard par le général Morillo, ainsi que José Caldas, devait être comme lui passé par les armes. Nous suivîmes le même chemin que lors de notre première ascension. De l'espèce de chaussée qui sépare la Montagne de Tuiles et le Tablahuma, et sur laquelle j'avais déterminé le point d'ébullition de l'eau, nous redescendîmes dans

la plaine de pierre ponce de la Cienega. Bonpland, qui recueillait notre beau Sida pichinchensis jusqu'à une hauteur de 4590 mètres et qui, pour chercher les racines de la plante cotonneuse appelée Culcitium rufescens, dut atteindre la limite inférieure des neiges éternelles, tomba deux fois en défaillance, moins certainement à cause de l'insuffisance de la pression atmosphérique que par suite des efforts musculaires qu'il avait faits. Jamais, à la hauteur où nous nous trouvions, nous n'avons saigné ni des gencives ni des yeux.

A midi, nous avions atteint la plate-forme située auprès ou plutôt au-dessus du cratère, et dont il a été déjà si souvent parlé. L'escalade du rocher oriental nous parut cette fois très-facile, comme il arrive toujours, lorsque familiarisé avec les lieux on marche avec plus de confiance. La crevasse décrite dans le récit de notre seconde excursion était toute grande ouverte et débarrassée de la neige qui l'encombrait. Même en cet état, elle n'avait guère plus de trois pieds ; nous la franchîmes sans peine. Quant à savoir comment cette plate-forme, sur laquelle nous pûmes installer commodément un graphomètre et un baromètre, se relie par en bas à l'enceinte du cratère, c'est ce que nous ne pûmes encore reconnaître avec certitude. Cette espèce de tour est-elle une saillie de rocher projetée en avant, ou le sommet aplati d'un rocher qui s'élève du fond du cratère? Je n'ose décider cette question ; je sais seulement par des lettres reçues de Quito que, dans les années qui ont suivi mon départ,

les habitants allaient visiter cette plate-forme comme un *mirador*, c'est-à-dire comme le belvédère du volcan, et que tous ont retrouvé dans la partie sombre du cratère les flammes bleuâtres et mobiles dont nous avions constaté la présence. Ce que cette troisième ascension présenta de plus intéressant et ce qui caractérise le mieux l'activité renouvelée ou non interrompue du volcan, c'est que, à partir d'une heure et demie de l'après-midi, le rocher sur lequel nous étions fut agité par de violents tremblements de terre. Nous n'entendions cependant rien qui ressemblât au bruit du tonnerre. Je comptai quinze commotions en trente-six minutes. Nous apprîmes le soir que ce tremblement de terre n'avait point été ressenti à Quito; il ne s'était pas étendu au delà de l'enceinte du cratère.

Cette sensation est parfaitement analogue à ce que j'ai souvent éprouvé sur le Vésuve, lorsque le volcan rejette des scories. Quand on est assis en dedans du cratère, au pied d'un des petits cônes d'éruption, on sent, quelques minutes avant chaque bordée, une secousse purement locale, dont on ne s'aperçoit pas à l'Hermitage ni à Portici. Ce sont des phénomènes dont la cause est dans le cratère même, très-près de la surface du sol, et qui diffèrent tout à fait des commotions qui ont leur principe à de grandes profondeurs et dont le cercle d'ébranlement s'étend à 80, à 100 et même à 160 lieues. Sur le bord du cratère du Pichincha, nous ressentîmes, après chaque commotion, une odeur sulfureuse plus forte et

plus pénétrante. La température était régulièrement, au sommet de la montagne, de 4°,2 à 5°,8 Réaumur; mais aussitôt que des vapeurs chaudes et mêlées d'acide sulfureux venaient à nous envelopper, nous voyions le baromètre suspendu au-dessus du cratère s'élever rapidement à 10° et même à 12°,3. Pendant les secousses souterraines, j'ai souvent observé l'état de l'électricité atmosphérique : l'extrémité de la verge de fer était, suivant la méthode de Volta, munie d'une éponge enflammée. La divergence entre les petites boules de liége était de quatre lignes. L'électricité positive passa subitement à zéro, mais ce qui m'étonna, c'est que, au milieu de variations si nombreuses, elle ne se changea jamais en électricité négative. La perspective qui par delà le bord occidental du cratère se déroulait sur les forêts des Yumbos (41) et sur l'océan Pacifique, était rendue plus magnifique encore par la sérénité et la sécheresse de l'air. A une hauteur de 4850 mètres, par une température de 5°,3 Réaumur, l'hygromètre à baleine marquait seulement 30°,8, ce qui équivaut à 66° de l'hygromètre à cheveu. Je dois ajouter cependant que, vingt-sept ans plus tard, dans le nord de l'Asie, au milieu d'une steppe peu élevée au-dessus de la mer, j'ai constaté, à l'aide du psychromètre d'August, une telle sécheresse de l'atmosphère que l'hygromètre à cheveu de Saussure eût marqué de 28 à 30°, par une température de 19° Réaumur. Il nous parut cette fois que le côté de l'enceinte du cratère qui fait face à l'Océan était plus ouvert, et se mariait mieux avec les vallées et les

fondrières qui sillonnent le versant nord-ouest du Pichincha.

A six heures et demie du soir, nous étions redescendus à Quito, par la plaine de Lloa. Un rapide coup d'œil jeté sur l'esquisse géologique qui retrace les différentes parties du volcan montre qu'il agit surtout du côté opposé à la ville, et que les courants de vase vomis par le cratère dans les grandes éruptions, venant aboutir, à travers la vallée de Lloa, dans la plaine herbeuse de Turubamba, sont détournés sans danger pour les habitants. Les ascensions plus récentes de Boussingault et de Hall, en 1831 et 1832, ont constaté que le volcan du Rucu-Pichincha n'est pas éteint, et que rien n'a suspendu son activité intérieure.

APPENDICE.

Trois jours après ma dernière ascension sur le volcan du Pichincha, le 31 mai 1802, je pris à quatre heures du matin environ le chemin de la plaine de Chillo, pour aller sur les hauteurs de Poingasi et d'Ichimbio, qui séparent la ville de Quito de la vallée d'Italo et de Chillo, achever un travail de triangulation, destiné à rattacher au volcan de Pichincha la Tour du couvent de la Merci (Convento de la Merced), par laquelle les Académiciens français avaient fait passer le premier méridien de Quito. La Cruz de Pichincha,

que l'on aperçoit de la Tour de la Merced et de la station de Poingasi, servait de point intermédiaire. La matinée était admirable et sans aucun nuage au ciel. De la pente du Poingasi, on entrevoit d'un coup d'œil les puissantes montagnes neigeuses de Cayambe, de Cotocachi, de Corazon, d'Illniza, et toutes les fortifications naturelles du Rucu-Pichincha, avec les trois tours qui les dominent. A mesure que le soleil s'élevait, je reconnaissais plus distinctement les vapeurs qui s'échappaient du cratère. Le volcan se cachait dans le brouillard que lui-même avait répandu à l'entour, car il n'y avait pas un nuage qui vînt du dehors. J'exécutai une partie de mes triangulations d'après la méthode hypsométrique, c'est-à-dire à l'aide des bases perpendiculaires et des azimuths. C'est le procédé par lequel j'ai déterminé plus tard, à une distance de 312000 mètres (plus de 75 lieues), la différence de longitude entre Mexico et Vera-Cruz, au moyen de la cime du Popocatepetl et du volcan d'Orizaba (42). Les mesures que j'avais prises des stations de Poingasi et du couvent de la Merced, calculées de nouveau à l'Observatoire de Paris, par mon ami M. Mathieu, ont donné, pour la distance comprise entre la tour de rocher placée sur le bord oriental du cratère du Rucu-Pichincha et le couvent de la Merced, dans la ville de Quito, 10865 mètres. Quinze ans plus tard, le savant sinologue, Jules Klaproth, si versé dans toutes sortes de connaissances, m'a remis une grande feuille couverte de l'écriture bien connue de la Condamine, dans laquelle la dis-

tance est évaluée à 5520 toises ou 10758 mètres. Cette différence qui équivaut à 1/101 de la distance totale, est moindre qu'on n'aurait pu l'appréhender, en suivant une méthode qui se recommande par la facilité de son application dans les pays montagneux, mais qui exige une grande exactitude dans les angles de hauteur.

III

ASCENSION DU VOLCAN PICHINCHA

PAR

LA CONDAMINE ET BOUGUER.

(Extrait du *Journal du Voyage fait à l'Équateur*, par la Condamine, 1751, p. 147-156.)

« Au commencement de juin 1742, je proposai à M. Bouguer un voyage au volcan de Pichincha, le Vésuve de Quito, au pied duquel cette ville est située. Nous étions trop voisins depuis sept ans de ce volcan célèbre pour ne pas désirer de le voir de plus près.

» La partie supérieure du Pichincha se divise en trois sommets, éloignés l'un de l'autre de 12 à 1500 toises et presque également hauts. Le plus oriental est un rocher escarpé sur lequel nous avions campé au mois d'août 1737. Le sommet occidental, par où les flammes se firent jour en 1538, 1577 et 1660, est celui que nous n'avions encore vu que de loin et que je me proposais de reconnaître plus particulièrement.

» Je fis chercher à Quito et aux environs tous les gens qui prétendaient avoir vu de près cette bouche de volcan, et surtout ceux qui disaient y être descendus..... Le 12 juin, jour marqué pour notre départ, les Indiens muletiers que j'avais arrêtés depuis plusieurs jours ne parurent point. M. Bouguer, néanmoins, impatient de partir, prit les devants. Deux jours se passèrent sans que je pusse le rejoindre à la tente, ainsi que nous en étions convenus. Il avait essayé pendant ce temps de parvenir jusqu'au cratère, mais il avait bientôt reconnu que les prétendus guides n'avaient nulle connaissance du chemin.....

» Le haut du Pichincha qui, dans la belle saison, est souvent presque dénué de neige, en était entièrement couvert plus de 100 toises au-dessous de la cime, à l'exception des pointes de rocher qui débordaient dans quelques endroits. Nous faisions tous les jours des marches de six à sept heures à pied, tournant autour de cette masse, sans pouvoir en atteindre le sommet. Tout le terrain du côté de l'orient était coupé de ravins creusés dans les sables par la chute des eaux. Nous ne pouvions les franchir que difficilement, en nous aidant des pieds et des mains. Nous regagnions notre tente à l'entrée de la nuit, bien fatigués, et très-peu instruits de ce que nous voulions savoir.

» Le 16, j'escaladai avec beaucoup de peine un des rochers saillants dont le talus me parut fort roide : au delà, le terrain était totalement couvert de neige

où j'enfonçais jusqu'au genou. Je montai de la sorte 8 à 10 toises; je trouvai ensuite le rocher nu, puis alternativement d'autre neige et d'autres pointes saillantes. Un épais brouillard, qui s'exhalait de la bouche du volcan et qui se répandait aux environs, m'empêcha de rien distinguer. Je revins à la voix de M. Bouguer, qui était resté en bas, et dont je ne voulais pas trop m'écarter. Nous abrégeâmes beaucoup le chemin au retour, en marchant à mi-côte sur le bord inférieur de la neige, et un peu au-dessus de l'origine de ces cavées profondes qu'il nous avait fallu monter et descendre l'une après l'autre en allant à la découverte.

» Nous remarquâmes sur cette neige la piste de certains animaux qu'on nomme lions à Quito, quoiqu'ils ressemblent fort peu aux vrais lions, et qu'ils soient beaucoup plus petits. Ils ne laissent pas de chasser les cerfs et les daims du pays, plus petits aussi que les nôtres. En revenant, je remarquai un endroit où la pente était beaucoup plus douce et facilitait l'accès du sommet de la montagne. Je tentai de m'en approcher; les pierres ponces que je rencontrais sous mes pas en plus grand nombre à mesure que j'avançais de ce côté-là, semblaient m'assurer que j'approchais de la bouche du volcan; mais la brume qui augmentait me fit reprendre le chemin de la tente. En descendant, j'essayai de glisser sur la neige vers son bord inférieur, dans les endroits où elle était unie et la pente peu rapide. L'expérience me réussit assez bien; j'avançais quelquefois 10 à

12 toises d'un élan sans perdre l'équilibre; mais lorsque, après cet exercice, je me retrouvai sur le sable, je m'aperçus que je n'avais plus de semelles.

» Le lendemain, 17 au matin, M. Bouguer proposa d'aller du côté de l'ouest, où était la grande brèche du volcan. C'était par là qu'il avait fait sa première tentative la veille de mon arrivée, mais la neige qui était tombée la nuit précédente rendait les approches plus difficiles que jamais et s'étendait fort loin au-dessous de notre tente. Enhardi par mes expériences de la veille, je dis à M. Bouguer que je savais un chemin encore plus court : c'était de monter tout droit par-dessus la neige à l'enceinte de la bouche du volcan, et je m'offris à lui servir de guide.

» Je pris les devants un long bâton à la main, avec lequel je sondais la profondeur de la neige. Je la trouvai en quelques endroits plus haute que mon bâton, mais cependant assez dure pour me porter. J'enfonçais tantôt plus, tantôt moins, presque jamais beaucoup au-dessus du genou. C'est ainsi que j'ébauchai dans la partie de la montagne que la neige couvrait les marches fort inégales d'un escalier d'environ 100 toises de haut. En approchant de la cime, j'aperçus entre deux rochers l'ouverture de la grande bouche dont les bords intérieurs me parurent coupés à pic, et je reconnus que la neige qui les couvrait du côté où je m'étais avancé la veille était minée en dessous. Je m'approchai avec précaution d'un rocher nu qui dominait tous ceux de l'enceinte (43). Je le tournai par

dehors, où il se terminait en un plan incliné d'un accès assez difficile : pour peu que j'eusse glissé, je roulais sur la neige 5 ou 600 toises jusqu'à des roches où j'aurais été fort mal reçu. M. Bouguer me suivait de près et m'avertit du danger qu'il partageait avec moi. Nous étions seuls; ceux qui nous avaient d'abord suivis étaient retournés sur leurs pas. Enfin nous atteignîmes le haut de notre rocher, d'où nous vîmes à notre aise la bouche du volcan.

» C'est une ouverture qui s'arrondit en demi-cercle du côté de l'orient. J'estimai son diamètre de 8 à 900 toises. Elle est bordée de roches escarpées dont la partie extérieure est couverte de neiges ; l'intérieure est noirâtre et calcinée. Ce vaste gouffre est séparé en deux comme par une muraille de même matière qui s'étend de l'est à l'ouest. Je ne jugeai pas la profondeur de la cavité, du côté où nous étions, de plus de 100 toises; mais je ne pouvais en apercevoir le centre qui, vraisemblablement, était beaucoup plus profond. Tout ce que je voyais ne me parut être que les débris écroulés de la cime de la montagne lors de son embrasement : un amas confus de rochers énormes brisés et entassés irrégulièrement les uns sur les autres présentait à mes yeux une vive image du chaos des poëtes. La neige n'était pas fondue partout : elle subsistait dans quelques endroits, mais les matières calcinées qui s'y mêlaient, et peut-être les exhalaisons du volcan, lui donnaient une couleur jaunâtre : du reste, nous ne vîmes aucune fumée. Un pan de l'enceinte, entièrement éboulé du côté

de l'ouest, empêche qu'elle ne soit absolument circulaire ; et c'est là le seul côté par où il semble possible de pénétrer au dedans. J'avais porté une boussole à dessein de prendre quelques relèvements. Je m'y préparais malgré un vent glacial qui me gelait les pieds et les mains, lorsque M. Bouguer me proposa de nous en retourner. Ce conseil fut donné si à propos que je ne pus résister à la force de la persuasion. Nous reprîmes le chemin de la tente et descendîmes en un quart d'heure ce que nous avions mis plus d'une heure à monter. Nous mesurâmes l'après-midi et les jours suivants, une base de 130 toises, et nous relevâmes divers points avec la boussole, pour faire un plan du volcan et de ses environs.

» Il fit le lendemain un brouillard qui dura tout le jour. Le 19 au matin, l'horizon était fort net. J'aperçus et je fis remarquer à M. Bouguer un tourbillon de fumée qui s'élevait de la montagne de Cotopaxi, sur laquelle nous avions campé à plusieurs reprises en 1738. Notre guide et nos gens prétendaient que ce que nous voyions n'était qu'un nuage ; ils réussirent même à me le persuader. Cependant je ne me trompais pas. Nous apprîmes à notre retour à Quito que cette montagne, qui avait jeté des flammes plus de deux siècles auparavant, peu après l'arrivée des Espagnols, s'était nouvellement enflammée le 15 au soir, et que la fonte d'une partie de ses neiges avait causé de grands ravages.

» Nous passâmes encore deux jours à Pichincha,

et nous y fîmes une dernière tentative, avec un nouveau guide, pour tourner la montagne par l'ouest et entrer dans son intérieur, quelque peu d'apparence qu'il y eût que nous pussions y voir rien de plus que ce que nous avions déjà vu. Mais le brouillard et un ravin impraticable ne nous permirent pas d'aborder même la petite bouche, qui fume encore à ce qu'on assure, et aux approches de laquelle M. Bouguer crut sentir à différentes fois une odeur de soufre. J'avoue que si j'avais été seul, je me serais opiniâtré davantage; mais je conviens en même temps qu'il y a peu d'apparence que ce qui nous restait à voir fût vraiment digne de curiosité.

» Nous revînmes à Quito le 22; on n'y parlait que de l'éruption du Coto-paxi et des suites funestes de l'inondation causée par la fonte subite d'une grande partie des neiges, dont l'amas entassé depuis deux siècles au moins couvrait encore la veille toute la partie supérieure de cette montagne. »

IV

DESCENTE AU CRATÈRE DU PICHINCHA

DANS L'ANNÉE 1845.

La hardiesse avec laquelle M. Sébastien Wisse, accompagné de M. Garcia Moreno, a osé pénétrer deux fois dans le volcan encore actif de Pichincha, et y passer plusieurs nuits, nous a valu une connaissance exacte et scientifique de l'état du sol qui forme le fond du cratère, dans l'année 1845. La première excursion, à la date du 15 janvier, a été décrite avec une grande vivacité de langage dans une lettre adressée le 20 du même mois à M. Carlos Veyret, consul de la république de l'Équateur à Paris, lettre qui a été reproduite dans la *Revue indépendante* (44), avec l'esquisse d'un plan représentant les lieux visités par les voyageurs. M. Wisse a envoyé à mon ami M. Boussingault, sur sa seconde expédition qui a duré quatre jours, du 12 au 16 août, un récit qui porte avec lui le témoignage du mérite sérieux de l'auteur, et a été l'objet d'un Rapport à l'Académie des Sciences de Paris; une partie même en a été publiée dans les *Comptes rendus des Séances de*

l'Institut (45). Nous donnons ici en résumé les observations de M. Wisse et ses principaux résultats, dont quelques-uns insérés dans un journal purement littéraire, auraient pu rester inconnus à un grand nombre de géologues. Un homme, natif de Popayan, et enlevé trop tôt à l'étude des sciences naturelles, Francia José de Caldas, qui, comme mon jeune compagnon, Carlos Montufar, a été fusillé par le général Morillo, dans la guerre de l'Indépendance, le 30 octobre 1816, est parvenu aussi trois fois au bord supérieur du cratère du Pichincha, vraisemblablement en 1803. Par malheur, il ne s'est rien retrouvé dans ses papiers, recueillis et publiés il y a deux ans par le colonel Joaquin Acosta, qui eût trait à ces ascensions de montagnes.

PREMIÈRE EXPÉDITION.

« Bien que Quito soit fort près du Pichincha, cependant ce sol volcanique est si tourmenté, si découpé par de profonds ravins, qu'il faut une grande journée de marche pour arriver au sommet. Je partis donc, le 14 janvier, à trois heures du soir, avec mon meilleur élève, Garcia Moreno, pour aller coucher dans une ferme (sloa), bâtie sur une petite plaine au pied du volcan. Nous y arrivâmes à sept heures et demie et en repartîmes le lendemain à sept heures du matin. Nous montâmes avec nos mules aussi haut que possible, mais enfin, il fallut mettre pied à terre en atteignant la limite de la végétation. Nous commen-

çâmes à grimper avec un Indien qui nous servait de guide. La pente que nous gravissions est excessivement roide, et nous ne pouvions avancer qu'en décrivant des zigzags (46); ajoutez que la partie supérieure du volcan est toute couverte d'une ponce menue dans laquelle on enfonce jusqu'à 8 à 9 pouces, et qu'il faut faire des efforts inouïs pour ne pas reculer sur ce sol mouvant plus que l'on n'avance. Nous nous dirigions vers un pic que nous apercevions par instants, et nous atteignîmes enfin le point le plus élevé, vers onze heures et demie. Malheureusement nous ne pouvions voir l'intérieur du cratère, ce qui avait été notre principal objet : un brouillard épais, impénétrable à quelques pas, remplissait le cratère et l'atmosphère. Nous reconnûmes, à l'aide de mesures barométriques, prises avec le soin désirable, que nous étions à 1867 mètres au-dessus de la ville de Quito, en admettant, d'après M. de Humboldt, que cette ville est située elle-même à 2908 mètres au-dessus du niveau de la mer ; c'est-à-dire que je trouvai pour la hauteur absolue du point où nous étions 4775 mètres. Je fis ensuite chauffer de l'eau, et je reconnus que le point d'ébullition était à 85°,16 du thermomètre centigrade, tandis que le baromètre, ramené à zéro, marquait 427,6 millimètres, par une température de 8°,1 centigrades. L'opération terminée, nous remarquâmes dans la direction du nord-nord-est, à la distance de quelques centaines de mètres, un pic plus élevé, dont j'évalue approximativement la hauteur à 4845 mètres (47). Bientôt nous commençâmes à découvrir

quelque chose dans la sombre profondeur du cratère, sans que cependant nos regards pussent pénétrer jusqu'au sol.

» Il était midi, nous résolûmes de descendre en droite ligne dans le cratère. Notre guide ne voulut pas nous suivre ; un grand chien fut notre seul compagnon, et bientôt même il s'en retourna effrayé par les blocs de pierre qui roulaient au fond de l'abîme avec un vacarme épouvantable. Des quartiers de roc plus ou moins gros qui se détachaient des parois de la montagne et venaient former des ricochets au-dessus de nos têtes, augmentaient encore le danger de la descente sur cette surface glissante, coupée çà et là par des ravins taillés à pic, dont il fallait se garder soigneusement, sous peine d'être précipités à 80 ou 90 pieds de profondeur. Nous appelions ceux de nos compagnons qui étaient derrière nous, lorsque nous sentions sous nos pas des éboulements trop considérables. Nulle part il n'y avait un point d'appui solide auquel on pût se retenir. Le plus sûr était souvent de se jeter à terre tout de son long et de recevoir sur le dos le choc des pierres et du sable. Nous avions cependant à descendre de cette façon une profondeur verticale de 8 à 900 pieds.

» Au milieu de ces dangers et de ces souffrances, nous nous sentîmes raffermis tout à coup en découvrant le fond du cratère. Le vent avait dissipé les nuages ; nous aperçûmes le mur de rochers, dirigé du nord-nord-est au sud-sud-ouest, qui sépare le gouffre en deux parties ; et au delà, nous vîmes la

partie de l'enceinte du cratère qui nous faisait face. Nous observâmes de nouveau le baromètre, et, à la suite de mesures prises exactement (48), nous reconnûmes que la hauteur absolue du sol, dans la partie orientale du cratère, est de 4447 mètres, c'est-à-dire inférieure de 328 mètres à celle du pic sur lequel nous avions déterminé le point d'ébullition de l'eau. Nous nous approchâmes de la muraille qui sépare le cratère oriental du cratère occidental, afin de la franchir à l'endroit où elle est le moins élevée; sa hauteur absolue, en cet endroit, n'excède pas 4597 mètres. Arrivés là, nous commençâmes à sentir une forte odeur de vapeurs sulfureuses.

» Nous descendîmes dans le cratère occidental, c'est-à-dire dans la partie non éteinte. La pente était très-rapide, et nous avançions avec prudence, ignorant complétement où nous allions. La hauteur absolue du sol, dans le cratère occidental, est d'environ 4172 mètres, ce qui fait 325 mètres de moins que dans le cratère oriental. Mon compagnon assurait même que la distance de la crête du mur au fond du cratère occidental était plus grande que celle que nous avions parcourue pour descendre du pic, où nous avions fait nos expériences sur le degré d'ébullition de l'eau, dans le cratère oriental. Avant d'arriver au bas de la muraille de rocher qui sépare les deux parties du gouffre, nous aperçûmes, dans le cratère occidental, un monticule qui aujourd'hui est, à proprement parler, le siége de l'action volcanique du Pichincha. Ce cône d'éruption, percé d'un grand

nombre de cheminées ou fumaroles réunies en différents groupes, a environ 4322 mètres de hauteur absolue, et domine par conséquent de 250 mètres le sol du cratère occidental, bien qu'inférieur de 175 mètres à la crête du rocher que nous avions franchi. Le sol des deux cratères est sillonné par des ruisseaux desséchés et par des crevasses profondes qui, à certaines époques, détournent vers le sud-est des torrents de neige fondue et la pluie du ciel, abondante dans cette contrée. Le cône d'éruption dont je viens de parler semble former une presqu'île entre deux ravins qui se rejoignent plus bas. Ce que j'avais pris d'abord pour des nuages était des vapeurs sulfureuses. Le sol, formé d'un amas de cristaux de soufre et de cendres volcaniques, était marqué de longues bandes jaunâtres. Nos thermomètres étaient insuffisants pour mesurer la température des cheminées; sur plusieurs points même de la surface du sol, le thermomètre centigrade s'élevait à 43°. Nous trouvâmes des scories vertes à demi vitrifiées et très-minces, qui semblaient porter témoignage d'éruptions peu considérables mais très-récentes, car elles n'étaient point recouvertes de la cendre jaune qui, d'ailleurs, était répandue presque partout. Les bouches volcaniques s'ouvraient, tantôt entre de grands blocs de rochers, tantôt entre des pierres plus petites, d'où l'on pouvait conclure qu'elles étaient d'âges fort différents. Les vapeurs qui se dégagent à travers ces cheminées soulèvent le sol et lui donnent l'aspect d'une agglomération de taupinières. Il existe

aussi sur le talus intérieur de l'enceinte du cratère des bouches isolées qu'il nous a été impossible d'observer de près.

» La pluie commença à tomber avec violence ; nous nous réfugiâmes dans l'un des ravins qui sillonnent le cratère occidental, pour observer le baromètre à l'abri d'un rocher. Nous eûmes la douleur de voir que le tube était brisé. La nuit approchait et nous n'avions rien mangé depuis six heures du matin. Le vin et les provisions que nous avions apportés étaient restés entre les mains des Indiens. A la pluie s'était ajoutée la grêle. Nous demeurâmes longtemps sans savoir si nous devions passer la nuit dans le cratère, partagés entre la crainte d'être écrasés sous les rochers et l'espérance de nous retrouver plus forts le lendemain matin. Les ravins qui auparavant étaient complétement à sec, et nous avaient facilité la descente dans le gouffre, s'étaient changés en torrents. Des cascades se formaient sur tous les points de l'enceinte du cratère, et des blocs de rocher se détachant des hauteurs tombaient en rebondissant. L'écho augmentait encore le bruit. Nous retournâmes tout trempés et roidis par le froid dans le cratère oriental, espérant trouver une issue par l'ouverture du sud-est, à travers laquelle Bouguer et la Condamine s'étaient efforcés de pénétrer. Mais où cette issue même nous conduirait-elle à la tombée de la nuit et dans la complète ignorance où nous étions de la contrée ? Nous sentîmes cependant la nécessité de nous réchauffer en marchant et nous prîmes le parti de

nous diriger obliquement vers le pic où nous avions déterminé le point d'ébullition de l'eau, à une hauteur absolue de 4775 mètres. Il était sept heures du soir, par conséquent nuit close, lorsque nous atteignîmes la crête du mur d'enceinte. Nous avions espéré retrouver près de là nos mulets et nos prétendus guides, mais nous fûmes tristement détrompés. L'averse n'avait point diminué. Enfin, après avoir parcouru, en marchant dans tous les sens, l'espace de trois lieues, nous entendîmes aboyer des chiens et, vers neuf heures du soir, nous arrivâmes à une cabane occupée par des Indiens, dans laquelle nous passâmes la nuit auprès d'un feu bienfaisant.

» Nous avions mal choisi le moment de notre expédition; c'était vers la fin de la sécheresse, mais nous ne pouvions cependant deviner que les pluies commenceraient juste le jour de notre expédition. Personne avant nous n'était descendu dans le cratère du Pichincha. Le volcan n'est rien moins qu'éteint, malgré ce qu'en peuvent dire les habitants de Quito, sur la foi de géologues qui vraisemblablement l'ont vu de loin. Nous avons rapporté de l'intérieur du cratère autant de roches que nos poches ont pu en contenir: ce sont des trachytes porphyriques à pâte rouge et à pâte jaune, avec cristaux blancs; le porphyre à base rouge est la roche dominante. Le sol est un conglomérat de soufre, de cendres volcaniques et de débris feldspathiques calcinés. La couleur générale du cratère est un brun noir; les roches

qui hérissent le bord intérieur présentent des formes bizarres : tantôt ce sont des cimes affilées comme des lances, tantôt des masses hautes de plus de 100 pieds, qui ne tiennent au sol que par leurs bases et qui, inclinées vers le centre du cratère, menacent de s'y précipiter. Le cratère occidental se rapproche plus de la forme circulaire que le premier ; je le crois aussi plus récent. C'est là qu'est le cône d'éruption percé de bouches volcaniques ; le cratère occidental est aussi notablement plus profond. Le mur de séparation dont j'ai souvent parlé a une pente assez douce vers le cratère oriental, déjà comblé en partie par des éboulements journaliers, tandis que du côté qui fait face au cratère occidental il est abrupt et presque perpendiculaire. Je suis à peu près décidé à renouveler la même entreprise à la saison prochaine, avec mon compagnon Garcia Moreno, en ayant soin de nous munir cette fois d'instruments et de provisions, de manière à passer huit jours dans le cratère. Je me propose alors de relever le contour extérieur du cratère et celui des deux ouvertures orientale et occidentale, de calculer toutes les hauteurs, de déterminer la position relative des bouches volcaniques, et de tracer un plan général, fondé sur des mesures exactes. »

DEUXIÈME EXPÉDITION.

« Le premier jour de notre expédition, 11 août, nous vînmes passer la nuit dans une mauvaise cabane en chaume, nommée le *Corral*, située assez près

du volcan, à la hauteur de 3693 mètres, et inhabitée; nous y établîmes notre quartier général.

» Le lendemain nous allâmes, à cheval, jusqu'au pied des couches de pierre ponce et sable qui couvrent toute la partie supérieure du Pichincha, et que l'on nomme l'*Arenal* (la grève) (49). Nous laissâmes nos chevaux et nous montâmes l'Arenal, armés de longs bâtons ferrés. Sur ce sol mouvant, dont la pente va de 25 à 35 degrés, il nous fallut une heure et demie pour monter une hauteur de 470 mètres, et atteindre un des points de l'arête du cratère....

» Nous commençâmes nos opérations par le levé de la crête du cratère, et vers le soir nous retournâmes au Corral.

» Nous revînmes le jour suivant, 13, et nous arrivâmes, à cheval, jusqu'au sommet. Il nous fallut renoncer au projet que nous avions formé de parcourir toute la crête, pour reconnaître s'il n'était pas possible d'entrer de plain-pied dans le cratère par les deux ouvertures qui existent, l'une au sud et l'autre à l'ouest, dans les flancs du Pichincha, et nous nous déterminâmes à entrer directement par l'est dans le cratère, ou plutôt dans les cratères, car l'immense cavité du volcan se compose de deux entonnoirs situés l'un à l'est et l'autre à l'ouest, et qui paraissent être le résultat de deux éruptions ou de deux séries d'éruptions bien distinctes.

» Nous descendîmes dans le cratère oriental, chargés de nos instruments et accompagnés du seul Indien qui avait osé nous suivre, et qui nous portait

quelques vivres, du vin et de la glace. J'étais au fond du cratère à deux heures et demie du soir, après une marche de trois quarts d'heure. Mes camarades, après avoir essayé un autre chemin qui se trouva impraticable, durent enfin prendre celui que j'avais suivi, et me rejoignirent à quatre heures et demie. Nous étions descendus d'une hauteur de 320 mètres (50).

» Le cratère oriental n'est, aujourd'hui, autre chose qu'un grand ravin, au fond duquel se dessine un torrent, toujours à sec lorsqu'il ne pleut pas. Nous descendîmes le torrent pour aller commencer nos opérations à la sortie du cratère, et, chemin faisant, nous rencontrâmes sur le bord de ce torrent (hauteur 4403 mètres) un rocher haut de 4 mètres, et ayant à sa partie supérieure une saillie ou espèce de corniche; nous le choisîmes comme le plus convenable pour notre demeure nocturne, et, la nuit venue, nous nous couchâmes sur un lit formé d'herbes et de mousse, enveloppés dans nos ponchos de bayette, et n'ayant d'ailleurs, par une température de — 2 degrés, que le ciel pour toit.

» Le lendemain, 14, nous levâmes le cours du torrent du cratère oriental, et, après le travail de la journée, nous revînmes la nuit dans notre gîte de la veille. Nous remontâmes le 15, de bon matin, le torrent jusqu'à la hauteur de 4547 mètres, point le plus bas du faîte qui sépare les deux cratères, et nous nous disposâmes à entreprendre la périlleuse descente au cratère occidental. Nous emportâmes deux bouteilles remplies de glace, que nous fondîmes

ensuite dans les bouches du volcan, et nous arrivâmes au bas à huit heures et demie, après une marche de deux heures et des dangers infinis. Nous étions descendus cette fois d'une hauteur de 415 mètres.

» Nous nous mîmes aussitôt à faire le levé d'un polygone dans l'espèce de petite plaine qui est au pied des parois du cratère, levé que nous poussâmes jusqu'à la sortie très-étroite dudit cratère, et nous déterminâmes en même temps les points essentiels des crêtes extérieures. Pendant ce travail, je me sentis pris d'une sorte de vertige qui produisit dans tout mon être une singulière révolution : le sol manquait sous mes pieds, je chancelais comme un homme ivre, et je fis plusieurs tours en faisant quelques pas pour chercher l'équilibre; je me sentais près de tomber, lorsque cela se dissipa tout à coup. Mon coopérateur était alors à 100 mètres de moi, et je lui demandai plus tard s'il n'avait pas senti de tremblement de terre, ce que je supposais le plus vraisemblable à cause de la proximité des bouches volcaniques. Il me répondit que non; et cependant je ne puis attribuer que difficilement ce malaise aux gaz du volcan, puisque peu après, et pendant assez longtemps, nous respirâmes ces mêmes gaz dans les orifices volcaniques sans éprouver aucune incommodité. D'un autre côté, je ne suis pas sujet à ces pâmoisons, et c'est la première fois que cela m'est arrivé.

» Dès que nous eûmes conclu nos opérations de levé, nous allâmes reconnaître tout ce que l'inté-

rieur du cratère nous offrait de curieux et d'intéressant.

» Le cratère occidental est de forme à peu près circulaire, et présente assez bien la figure d'un entonnoir; ses parois ont une inclinaison générale de 50 à 70 degrés; au fond existe une petite plaine dans laquelle coulent deux torrents qui se réunissent à l'ouverture du cratère vers l'ouest; à l'une des extrémités de cette plaine et à l'ouest, s'élève un monticule presque circulaire ou *cône d'éruption*, dont le point culminant (hauteur 4178 mètres) est à 80 mètres sur le fond moyen du cratère, et dont le diamètre est d'environ 450 mètres. Ce monticule est embrassé par les deux torrents dont j'ai parlé plus haut; et quand il tombe une forte pluie, il apparaît comme une presqu'île au fond du cratère. Il est loin de présenter aujourd'hui une forme parfaitement conique : les grandes cavités et les monceaux de pierre qui existent à sa surface, les ravins et les gerçures qui le sillonnent en tous sens, attestent les nombreuses et violentes commotions qu'il a éprouvées dans les temps modernes; mais, en examinant avec attention quelques vestiges qui sont restés intacts, on parvient facilement à reconstituer un cône qui a dû exister autrefois dans son entier. Il y a, par exemple, à l'est du monticule, une assez grande portion de l'ancienne surface qui présente un peu de terre et qui est entièrement couverte de végétaux, tels que joncs, herbes, et une plante vigoureuse nommée dans le pays *Achupaya* (51) et qui ressemble

à l'ananas; cette surface m'a paru se rapprocher singulièrement de la forme du cône de révolution, et ce qui m'a frappé le plus, c'est de n'y rencontrer aucun débris des éruptions antérieures, lesquelles ont jeté le désordre dans toutes les autres parties.

» Toutes les bouches volcaniques, soit éteintes, soit en activité, sont situées dans le cône d'éruption; il nous a été impossible d'en voir la moindre trace ailleurs. Elles sont disséminées dans de certains espaces formant des groupes à peu près circulaires, dont le diamètre va jusqu'à 25 mètres. Il y a en tout neuf groupes, six de bouches ignivomes, et trois de bouches éteintes. Toutes ces bouches sont généralement situées dans les endroits du cône d'éruption qui paraissent avoir éprouvé les commotions les plus récentes. L'entonnoir qui est au pied et à l'est du cône a 45 mètres de diamètre et 20 mètres de profondeur, et contient trois groupes, deux de bouches ignées sur les bords, et un de bouches éteintes au centre. Ces bouches sont les premières que l'on rencontre lorsqu'on descend au cratère par le chemin que nous avons suivi, et sont les seules que l'on distingue bien par un temps clair, du sommet du cratère oriental. A peu de distance, et à la droite de l'entonnoir, on voit une crevasse qui s'étend parallèlement au ravin et dont la plus grande ouverture est de 0m,10; elle donne issue à quelques rares vapeurs. A la gauche du même ravin et vers la hauteur, on voit une bouche unique située fort capricieusement au milieu des végétaux dans la partie qui est restée intacte de l'an-

cien cône d'éruption ; les herbes croissent librement à moins de 1 mètre de l'orifice. En montant ensuite vers la partie supérieure du cône, on rencontre deux groupes de bouches actives, et enfin, au sommet, on trouve le groupe le plus considérable et le plus imposant des bouches du volcan. Celles-ci, au nombre d'environ quarante, sont situées dans une des parois d'un entonnoir de 80 mètres de diamètre et de 20 mètres de profondeur (52) ; cette cavité et les lieux qui l'avoisinent présentent l'aspect des plus effrayants bouleversements : des quartiers de roc qui ont jusqu'à 4 mètres dans leurs trois dimensions, sont jetés pêle-mêle dans le plus grand désordre, représentant çà et là des tas informes de décombres ; de vastes cavernes qui existent entre ces pierres constituent les cheminées desquelles s'échappe une fumée abondante dont l'homme ne peut supporter la chaleur ; enfin, à la gauche et vers le pied du cône d'éruption, se trouvent deux groupes de bouches éteintes peu distants l'un de l'autre. Le nombre total des bouches ignivomes est d'environ soixante-dix.

» Il est probable que les bouches que nous avons appelées *éteintes* ne sont autre chose que des bouches actives dont les conduits se sont accidentellement obstrués par des éboulements ou mouvements intérieurs, et qu'elles se rouvriraient à la moindre impulsion sortie des entrailles du volcan.

» La plupart des cheminées sont formées par les concavités qui existent entre les blocs de pierre ; d'autres se sont fait jour à travers un sol mouvant

composé de cendres, sable et soufre; elles semblent sortir d'une fourmilière fraîchement formée. On ne peut suivre à la vue la direction des cheminées, parce qu'à partir de l'orifice elles se tordent dans tous les sens; le plus que nous ayons pu voir, c'est à 2 mètres de profondeur. Les bouches qui présentent quelque régularité, c'est-à-dire celles qui sont situées dans un sol friable, ont en général un fort petit diamètre, lequel ne dépasse jamais 0m,30; mais, quant aux autres, il est impossible de les définir; elles occupent tous les espaces plus ou moins grands qui sont restés vides entre les pierres, et dont la forme ne peut se décrire. Les vapeurs qui s'échappent des cheminées, et que l'on peut respirer sans éprouver une bien grande incommodité, exhalent une odeur à la fois de soufre brûlé et d'œufs pourris, ce qui nous a fait juger qu'elles sont un mélange des acides sulfureux et sulfhydrique. Dans les groupes du premier entonnoir, les gaz, près de l'orifice, sont à la température de 87 degrés; et une circonstance qu'il ne sera peut-être pas inutile de rapporter, c'est que dans une expédition préparatoire que nous fîmes le 15 janvier 1845, il nous fut assez facile d'extraire des cristaux de soufre d'une des cheminées, tandis que, le 15 août, la main ne pouvait en supporter la chaleur. Quoique nous n'ayons pas pris la température de la vapeur dans le groupe principal au sommet du cône, je crois, d'après la chaleur intense que nous avons éprouvée dans le voisinage des bouches, qu'elle est supérieure à 87 de-

grés. Les gaz, en s'échappant des cheminées, produisent un bruit ou sifflement assez semblable à celui qui jaillit de la soupape d'une machine à vapeur. Ce phénomène n'est cependant pas commun à toutes les cheminées. La surface intérieure de toutes les cheminées est entièrement tapissée de cristaux aciculaires d'un soufre très-pur, déposé par voie de sublimation lorsque les gaz arrivent au contact de l'air froid de l'atmosphère. Sur les bords et en dehors de quelques-unes de ces cheminées, on trouve également du soufre compacte affectant la forme des stalactites : je pense que les vapeurs passent quelquefois à une température suffisante pour que les cristaux entrent spontanément en combustion ou au moins en fusion; alors le soufre qui est près des lèvres de la bouche coule peu à peu le long des pierres, et celui qui n'est pas brûlé forme les stalactites que l'on voit aujourd'hui. On ne trouve point de stalactites dans l'intérieur des cheminées, et, en effet, le soufre fondu doit s'y volatiliser une seconde fois. Dans quelques endroits, et seulement dans l'espace occupé par les bouches d'un même groupe, on rencontre, à la surface du sol, une espèce de scorie verte, en plaques larges tout au plus de 10 centimètres et de 2 centimètres d'épaisseur; ces scories fragiles, à surface semi-vitreuse et inégale, donnent, par la combustion, une odeur de soufre brûlé, en laissant un résidu de cendres grises; elles proviennent sans doute de petites éruptions fort récentes où les matières lancées dans l'atmosphère à l'état de fusion

sont retombées en s'aplatissant et prenant la forme rugueuse du terrain où elles se sont solidifiées. Dans quelques groupes et leurs environs, le sol se compose d'une terre presque argileuse, de cendres, sable et petits fragments de soufre; ces matières sont tantôt agglomérées, tantôt inhérentes, et le terrain qu'elles forment a, en quelques points, si peu de consistance, qu'il y a des bouches dont nous ne pûmes nous approcher qu'à une distance de 5 mètres, de peur d'être engloutis dans des monceaux de poussière et de sable. En plusieurs points, le sol apparaît teint en jaune, tantôt par les fragments de soufre qu'il renferme, tantôt par l'effet des vapeurs sulfureuses qui viennent se condenser à la surface des corps. La température des bouches ne se propage pas généralement à une grande distance; seulement le terrain et les pierres en contact immédiat avec une cheminée participent à sa chaleur; on perçoit également de la chaleur dans quelques crevasses et dans les cavernes formées entre les blocs de pierre; mais, à la distance de quelques mètres, la température des corps terrestres est, à la surface, la même que celle de l'atmosphère.

» Nous sortîmes du cratère occidental le jour même de notre entrée, 15 août, à deux heures de l'après-midi. Nous ne pouvions pas retrouver notre chemin à cause d'un brouillard très-épais qui ne nous laissait pas voir à dix pas. Pour comble de malheur, il commença à tomber une pluie fine qui dura ensuite tout le reste de la journée. Ce jour-là,

mon compagnon et notre Indien échappèrent à la mort comme par miracle : ils montaient dans un ravin et atteignaient un coude ou changement de direction, lorsqu'un tonnerre épouvantable se fit entendre dans la hauteur, et bientôt une nuée de gros projectiles passèrent avec un fracas et un sifflement horribles à 2 mètres de leurs têtes; s'ils eussent été plus avancés de trois pas, ils étaient irrémissiblement emportés par l'avalanche. A quatre heures trente minutes nous atteignîmes le fond du cratère oriental. Nous étions épuisés de fatigue et de faim, car notre déjeuner avait été très-frugal; nous étions mouillés et couverts de blessures, et, malgré cet état déplorable, il fallut nous résoudre à aller passer la nuit dans notre repaire accoutumé, car, pour ma part, il ne me restait plus assez de forces pour grimper jusqu'au sommet du volcan. Nous prîmes un peu de glace pour notre souper, et nous nous blottîmes derrière notre rocher, où nous restâmes ainsi toute la nuit, à la mode des Indiens, c'est-à-dire la tête entre les deux genoux, car la pluie ne nous permettait pas de nous coucher. Inutile de dire que nous ne pûmes dormir. Nous nous remîmes sur pied au point du jour; nos membres étaient engourdis, pétrifiés. Nous nous rafraîchîmes avec une poignée de glace, et nous recommençâmes à grimper. Mon compagnon, M. Garcia Moreno, montait sur un plan incliné fort dur; le pied lui manqua, et il glissa sur le dos la longueur de 10 mètres, jusqu'à ce qu'il vint butter contre une pierre qui, fort heureusement, ne

se détacha point. Enfin, après des fatigues et des peines inouies, nous atteignîmes le sommet du volcan à neuf heures.....

» Le diamètre total et supérieur des deux cratères est de 1500 mètres, et celui du fond du cratère occidental de 700 mètres (53)..... Les parois intérieures du volcan avec leurs tours gigantesques et leurs énormes rochers noircis par le temps, l'obscurité naturelle des cratères dans lesquels les rayons du soleil ne pénètrent que depuis neuf heures jusqu'à trois heures, les bouches volcaniques lançant des colonnes de fumée du fond d'un gouffre de 750 mètres de profondeur : tout cela donne aux cratères un aspect à la fois majestueux et terrible (54).

» Le cratère oriental me paraît être plus ancien que celui de l'ouest. On y trouve, en effet, plus de traces de cheminées volcaniques, et le cône d'éruption, qui probablement s'y est établi après la formation de sa cavité, a complétement disparu sous les éboulements des parois et peut-être sous les matériaux lancés postérieurement par le cratère occidental. Les parois du premier ont peu d'inclinaison et sont dans un état de quiétude presque parfaite comparativement à celles du second, ce qui semble attester pour celui-là une plus longue existence. Mais on ne peut méconnaître l'antériorité du cratère oriental, surtout lorsque l'on examine avec attention le faîte qui sépare les deux entonnoirs; ce faîte est coupé à vive arête et presque verticalement du côté du cratère occidental, tandis que, de l'autre, les plans de sable

sont très-peu inclinés et s'arrondissent vers le haut, et l'on voit clairement que la partie occidentale a été emportée en dernier lieu ; les masses de roches trachytiques du cratère oriental ont disparu d'ailleurs sous des couches de sable et ponce, qui n'ont pu sortir que du cratère occidental et ont comblé en partie le premier. Le cratère oriental s'est ouvert au sommet de l'ancien Pichincha, et l'occidental sur le côté de ce volcan.

» La ponce est le produit des dernières éruptions de quelque importance qu'ait faites le Pichincha, car s'il en était autrement, on ne trouverait pas cette roche à la surface ou on ne l'y verrait pas toute seule. A partir de l'Arenal, les flancs inférieurs du volcan sont couverts de végétation, et la croûte superficielle du sol est formée de terre, sable et très-petits fragments de ponce. Nulle part on ne trouve des débris qui puissent être attribués à de récentes convulsions. On voit seulement quelques gros blocs, mais extrêmement rares, traverser la couche de terre végétale, et ils peuvent très-bien faire partie de la masse intérieure et lithoïde de la montagne. Ainsi les matières rejetées par le volcan dans les époques antérieures à la production de la ponce ont complétement disparu, détruites par le temps ou décomposées par les agents atmosphériques, au moins en partie. Cependant les éruptions qui ouvrirent les cratères actuels durent être terribles : les roches solides qui composaient le sommet du Pichincha et les matières vomies ensuite par les entrailles du volcan

furent lancées à d'immenses distances, et de violents tremblements de terre, conséquence naturelle des révolutions volcaniques, répandirent la désolation dans toute la contrée. La tradition aurait donc dû perpétuer le souvenir d'aussi épouvantables catastrophes si l'homme en eût été témoin. Mais, selon l'historien du *Royaume de Quito*, on ne savait pas, avant l'éruption de 1539, que le Pichincha fût un volcan ; et, d'un autre côté, les traditions des Indiens gardent le silence le plus absolu sur des événements d'une époque antérieure. Il est donc probable que les éruptions qui ont ouvert les cratères actuels ont eu lieu avant l'apparition de l'homme dans cette partie de la Cordillère des Andes. Il faut même croire qu'avant 1539 les cheminées du cône actuel d'éruption avaient été obstruées pendant une longue série de siècles, car il eût été impossible aux Indiens de n'avoir pas connaissance des colonnes de fumée qui se seraient élevées, comme aujourd'hui, du fond du cratère. Les éruptions de 1539, 1577, 1587 et 1660 (55), qui sont les seules que l'on connaisse, ont toutes eu pour théâtre le cône d'éruption actuel, et c'est peut-être à cette époque que le sommet de celui-ci a été emporté, et que s'y sont formés les entonnoirs qu'on y remarque aujourd'hui. Mais il est impossible que l'éruption de 1539, quoi qu'en disent l'histoire et la tradition, ait lancé jusqu'à Iña-Quito les rochers ou blocs erratiques de 3 mètres et plus de diamètre qui couvrent à présent une partie de la plaine. Il n'y a, en effet, nulle autre trace de débris provenant d'é-

ruptions récentes sur les vastes flancs du Pichincha, et les deux entonnoirs du cône d'éruption, qui seuls auraient pu produire les matières projetées, n'ont pas assez de capacité pour avoir fourni une quantité aussi considérable de projectiles dont quelques-uns seraient parvenus à la distance de 3 lieues et demie. D'un autre côté, les matériaux lancés dans les directions comprises entre 0 et 45 degrés allèrent rencontrer les parois et roulèrent une seconde fois au fond du cratère, et il n'y eut que ceux dont la direction était comprise entre 45 et 90 degrés qui purent être projetés au dehors; prenant donc le cas le plus favorable, qui est celui de la direction initiale à 45 degrés, il eût fallu que, pour parvenir à Iña-Quito, les projectiles se fussent élevés à 5000 mètres environ au-dessus du niveau de Quito, phénomène non pas impossible assurément, mais fort invraisemblable et que démentent tout à fait les dernières révolutions du volcan qui ont été, relativement, d'une espèce toute paisible. Les éruptions des temps modernes ont donc été de peu d'importance, et s'il y eut de grands désastres à Quito et dans ses environs, ils ne peuvent être attribués qu'aux tremblements de terre qui furent les suites ou peut-être la cause des convulsions volcaniques La tradition erronée des blocs erratiques d'Iña-Quito se sera établie sans doute à l'époque des dernières éruptions, et il aura suffi qu'un conteur de nouvelles leur supposât une origine volcanique pour qu'on les admît généralement comme un produit des éruptions de 1539 et 1577. »

APPENDICE.

L'opinion exprimée dans mon Mémoire (p. 44), sur l'origine des blocs singuliers, qui ont fait donner à la région dans laquelle ils sont répandus le nom de plaine de pierres (Rumipamba), ne ressemble en rien à l'hypothèse que l'on combat ici avec raison. J'ai supposé que ces traînées de blocs erratiques ont été précipitées le long du ravin de Cundurguachana, lors du premier soulèvement d'où est sortie toute la masse rocheuse du Pichincha. Le pic en forme de cône, situé à très-peu de distance de la Ladera de Ingapilca, que j'ai désigné sous le nom de Pic du Condor (p. 26), forme l'extrémité orientale du volcan qui s'étend dans la direction du sud-ouest au nord-est. L'intervalle qui sépare en droite ligne le ravin de Cundurguachana du cratère du Rucu-Pichincha, dont les éruptions connues ne remontent pas au delà de la première partie du XVI^e^ siècle, est de 6821 mètres. Je n'ai jamais attribué les blocs erratiques à ces éruptions ni à d'autres plus anciennes et postérieures cependant au soulèvement de la montagne.

Une autre opinion émise par M. Wisse, à savoir que les Conquistadors n'eurent connaissance d'aucune des éruptions antérieures à celle de 1539, est plus que douteuse. Lorsque l'héroïque Pedro de Alvarado, surnommé par les Mexicains le Capitaine du Soleil (Tonatiuh), à cause de ses cheveux blonds (56), aborda en mars 1534, neuf ans après la mort de

l'inca Huayna-Capac, dans la baie de Caraque, près de Puerto-Viejo, à la tête de 230 cavaliers, il résolut de gagner en droite ligne et sans désemparer la haute plaine de Quito. Les guides l'abandonnèrent; il erra, ainsi que lui-même l'a raconté, par des chemins inconnus, à travers les *Puerdos nevados*. Peut-être prit-il le passage qui sépare le Chimborazo et le Carguairazo (57). Il arriva ainsi à Riobamba, après avoir perdu une grande partie de son escorte, hommes et chevaux. Aux souffrances causées par le froid et le manque de vivres, vint s'en joindre une autre qui acheva de décourager les soldats. Pendant plusieurs jours, l'air fut rempli d'épais nuages de cendres. « La terre qui tombait du ciel, dit Oviedo, aveuglait les chevaux et les hommes; toutes les feuilles des arbres étaient couvertes de poussière. » C'était une pluie de cendres volcaniques qui tomba au printemps de l'année 1534, et dont tous les historiens font mention. Cieza de Léon dit que les cendres (las cenizas) provenaient d'un des volcans voisins, mais sans le désigner par son nom et sans indiquer sa place. Comme il paraît établi qu'il y eut une éruption du Cotopaxi en 1533, et que j'avais conservé une vive impression des mugissements et des détonations de ce volcan, dont le bruit m'arrivait, lors de l'éruption qui eut lieu au mois de février 1803, jusqu'au port de Guayaquil (58), j'étais d'abord disposé à croire que cette pluie de cendres était causée par le Cotopaxi. Plus tard, deux passages de Garcilaso et de Herrera (59) dans

lesquels il est dit expressément que la Montagne bouillonnante (el Monte que hierve) était le volcan de Quito, m'ont ramené à cette opinion qu'en 1534 le Rucu-Pichincha, à la faveur du vent d'est qui règne presque continuellement dans la région inférieure, a couvert de ses cendres la pente occidentale des Cordillères. Lorsque Pedro de Alvarado arriva sur la haute plaine de Quito, il trouva encore une autre cause d'étonnement et d'effroi : il reconnut sur un terrain sablonneux des empreintes de fer à cheval, et cette vue fit évanouir en lui l'espoir d'arriver le premier, et de mettre enfin la main sur les trésors de Quito, objets de tant de convoitises. D'autres Espagnols de la suite de Sébastian Benalcazar l'avaient devancé et avaient déjà fait une battue autour de ces montagnes neigeuses (60).

V

DESCRIPTION DU PLATEAU DE BOGOTA.

La chaîne des Andes, comme toutes les grandes chaînes de l'ancien continent, présente des plateaux d'une plus ou moins grande étendue, superposés les uns aux autres, et unis le plus souvent par des fondrières et d'étroites vallées qui coupent perpendiculairement l'axe de la chaîne. Ce phénomène bien connu se reproduit même en petit sur la pente de montagnes isolées. Mais ce qui est particulier aux Cordillères des Andes, et ne se retrouve nulle part au même degré dans l'ancien continent, c'est que sur ces plateaux il existe des villes grandes, riches et populeuses. Ces villes sont disposées presque symétriquement sur une ligne qui s'étend à 36° au delà et en deçà de l'équateur, depuis la partie méridionale du Chili jusqu'au nouveau Mexique. Si l'on veut s'expliquer le choix de pareils emplacements, il en faut chercher la cause dans la direction qu'ont suivie les premières migrations, dans l'effroi qu'inspirent à tous les montagnards les plaines brûlantes qui les

avoisinent et dans la nature des plantes nutritives que l'on a cultivées de préférence. Les colons Européens suivaient partout la trace de l'ancienne culture, et agrandissaient les villes conquises, sans le plus souvent en changer le nom. Caracas, Popayan, Mexico, Bogota, Quito, la Paz, Potosi éveillent l'idée de stations rangées les unes à la suite des autres dans l'ordre où nous venons de les énumérer, et élevées verticalement depuis 900 mètres jusqu'à plus de 4000 mètres au-dessus du niveau de la mer; ce sont de véritables observatoires météorologiques où la science fut certainement cultivée jadis, et où l'on peut espérer d'obtenir, par une résidence continue, les conclusions les plus importantes sur l'état moyen de l'atmosphère, suivant les hauteurs et les latitudes géographiques. Les contrées montagneuses de l'Asie présentent, sur le versant septentrional de l'Himalaya et, dans le Tibet occidental, sur le Kouen-lun et sur le plateau de Pamer voisin de la chaîne de Bolor, des villages et des métairies à des hauteurs encore plus considérables, mais nulle part on ne trouve des rangées de villes qui égalent en grandeur et en importance celles qui ont été nommées plus haut. La ville de Kaschmir est située, suivant Victor Jacquemont, à 5000 pieds de haut, suivant Hugel à 5400; même d'après cette dernière évaluation, elle n'atteint pas la hauteur insignifiante de Popayan. Le passage situé entre Kaboul et Balkh, par lequel le savant Burnes a traversé près de l'ancienne ville de Bamyan la chaîne de l'Hindou-

Kho, qu'il appelle *a stupendous chain of mountains*, est, de son point le plus élevé, inférieur de près de 1000 pieds au sol de la ville haute de Potosi. Hlassa, dit-on, est située à la même hauteur que La Paz, mais c'est là un fait dont je suis fort tenté de douter, en comparant les températures respectives de ces deux villes.

A mesure que l'on a mieux connu, depuis la seconde moitié du xvi[e] siècle, la conformation singulière du continent américain, tous les grands problèmes de physique générale ont été soulevés successivement et cette science s'est trouvée constituée sur une base inébranlable. Déjà, il est vrai, un observateur pénétrant, le géographe d'Amasea, avait deviné que la décroissance de la température dépend aussi bien de l'élévation du sol au-dessus du niveau de la mer que de la latitude géographique. Seul dans l'antiquité, Strabon s'exprime sur ce sujet en termes généraux, à propos des produits de l'Arie et de la Bactriane : « S'il existe dit-il des contrées froides dans ces pays, il n'y a pas lieu de s'en étonner, car en se rapprochant plus encore du midi, on trouve que les montagnes sont froides, et il en est de même de tout sol élevé, alors même que ce sol est une plaine. » Ailleurs Strabon ajoute : « La Cappadoce, bien que plus méridionale que le Pont, est cependant plus froide, et la Bagadiane, la partie la plus méridionale de la Cappadoce, qui en outre n'offre qu'une vaste plaine dans toute son étendue, produit à peine des arbres fruitiers (61). » Ce ne peut être d'après ses observations, mais bien

en raison de principes théoriques, que Strabon, comme Polybe, explique dans un remarquable passage la chaleur tempérée de régions situées sous l'équateur par l'élévation du sol (62). L'inscription d'Adoulis est le premier et le seul monument qui constate l'existence, niée par Hérodote, de montagnes neigeuses au delà du tropique du Cancer (63). Dans le nouveau continent, la neige éternelle des régions tropicales a été vue pour la première fois sur la montagne de Citarma (Nevados de Santa Marta), par Rodrigo de Bastidas, neuf ans après la première découverte de Colomb (64). Ce phénomène causa une sensation profonde, et Pierre Martyr de Anghiera soupçonnait déjà que la limite inférieure des neiges éternelles s'élève en raison inverse de la latitude. Il exprime son sentiment sur ce sujet dans une lettre adressée à son fils, le comte Tendilla, en date du mois de décembre 1513, ainsi que dans le livre qu'il écrivit pour le pape Léon X, *De rebus Oceanicis :* « Defluebat flumen Gaira ex alto nivali monte quo altiorem nemo e ducis Roderici (Bastidæ) comitibus aiebat se vidisse unquam. Neque aliter putandum est, si nivibus albescebat in ea regione quæ intra decimum gradum distat ab æquinoctiali linea (65). » Dans une histoire, si incomplète qu'elle puisse être, de la description physique de la terre, il n'était point indifférent de signaler les deux plus anciens témoignages qu'il m'a été possible de retrouver sur la région des neiges entre les tropiques, dans l'ancien et dans le nouveau continent.

Les plateaux qui interrompent les escarpements des montagnes et élargissent, pour ainsi dire, la surface habitable de la terre, peuvent, par leur superposition, servir à corriger la loi de la décroissance de la chaleur, si importante pour la réfraction sous de petits angles; mais l'on ne doit point non plus oublier que tous les plateaux ont un climat propre, et qu'ils exercent sur l'absorption et le rayonnement de la chaleur une action autre que celle de la pente des montagnes. Je me suis assuré, par des observations directes (66), que sur les plateaux qui présentent une surface de quelques lieues carrées, la température moyenne annuelle est de 2°,3 à 2°,5 plus élevée que sur les flancs des montagnes qui ne sont point coupées par des plaines. Boussingault a même remarqué fort judicieusement que quelquefois sur un même plateau, les points rapprochés des bords sont plus froids que le centre de 1°,2. Des courants d'air descendants, occasionnés par les formes diverses qu'affectent les pentes des montagnes, et leur exposition relativement aux vents contribuent à cette différence. L'effet de ces courants est funeste à l'agriculture, particulièrement pour les céréales européennes et le maïs. Sur les plateaux qui, comme les plaines de Caxamarca, sont situées à une hauteur de plus de 2500 mètres, le froid est encore augmenté par le rayonnement du calorique que la terre envoie, durant la nuit, vers un ciel sans nuage, grâce à l'immobilité et à la rareté de l'air. Mais en dehors de ces relations

générales, dépendantes de la hauteur absolue, le climat local des plateaux a son principe dans la nature particulière de la végétation, dans la forme, l'enchaînement et la couleur des masses rocheuses qui les entourent, ainsi que dans le retour périodique des perturbations qui troublent l'équilibre électrique de l'atmosphère. Ces tables d'une étendue bornée ne sauraient être justement comparées, malgré leur élévation, à des îles semées dans l'océan atmosphérique; ce sont plutôt des plaines situées au pied de rocs puissants et diversement configurés, qui se dressent comme des promontoires. La complication des phénomènes météorologiques ne permet point que les chiffres représentant les températures moyennes du jour et de la nuit donnent à eux seuls une image fidèle de ces climats particuliers. Dans l'heureuse zone qui avoisine l'équateur, le plus petit espace de terre offre la plus grande variété possible de phénomènes naturels: phénomènes météorologiques qui passent rapidement, ou phénomènes vitaux, renouvelés sans cesse par le développement intérieur des corps organisés.

A la suite de ces considérations générales, je choisis, pour m'y arrêter, un plateau de moyenne hauteur, le plateau appelé Llanura de Bogota, et j'emprunte au Journal encore inédit de mon voyage quelques détails sur l'état atmosphérique, la végétation et la composition géognostique de cette contrée. Le plateau de Bogota qui, d'après les anciennes légendes des indigènes, aurait formé jadis le lit

d'un lac désigné sous le nom de Funzha, est situé à 264 mètres au-dessus du niveau de la mer. Cette surface, complétement horizontale, dont l'étendue est de 30 à 40 lieues carrées, présente quatre phénomènes fort curieux : l'admirable cascade de Tequendama qui, du milieu des chênes verts, s'élance dans un gouffre où, jusqu'au pied de la cataracte, croissent des palmiers et des fougères arborescentes; un vaste champ rempli d'ossements de Mastodontes et nommé Campo de Gigantes; des dépôts de houille, et d'épaisses couches de sel gemme. Ces deux formations sont d'autant plus surprenantes que leur hauteur égale environ celle que l'on atteindrait en entassant le Brocken sur la Schneekoppe.

De la *Tierra caliente* ou vallée du Rio-Magdalena, ornée de la plus brillante végétation tropicale, on arrive en deux jours, heureux d'échapper aux nombreux Caïmans et surtout aux essaims de Moustiques, dans la *Tierra fria* du plateau de Bogota, c'est-à-dire que l'on passe d'une température moyenne de 27°,7 à une température de 14°,5. Jusqu'en 1816, l'unique chemin était une crevasse creusée par les eaux, dans laquelle souvent deux mulets ne pouvaient se rencontrer, bien qu'elle conduisît à la capitale du pays, peuplée de vingt-huit à trente mille habitants. Lorsque les Espagnols reprirent pour quelque temps possession de la Nouvelle-Grenade, ils firent améliorer et élargir la route de Honda à Bogota par les républicains condamnés aux travaux forcés, afin de faciliter les communications mili-

taires, et par esprit de réaction politique. Dès lors le pays prit un autre aspect, et ce moyen eût du moins pour résultat qu'au milieu même des horreurs de la guerre civile, on acheva rapidement ce que les vice-rois n'avaient point osé entreprendre durant près de trois siècles d'une jouissance que rien n'avait troublée.

La petite ville de Honda, près de laquelle finit la navigation du fleuve pour ceux qui se rendent de Cartagena de Indias ou de Santa-Marta à Bogota, est située au confluent du Rio-Guali, qui roule en même temps des galets de granite et de trachyte, et du Rio-Magdalena. Boussingault a trouvé, en prenant la moyenne de plusieurs observations barométriques, que cette petite ville, dont les habitants sont affectés de goîtres, est à 636 pieds au-dessus du niveau de la mer. Il en résulterait que le Rio-Magdalena, en lui supposant un parcours de 208 lieues, dont un quart pour les détours suivant le calcul de d'Anville, aurait une pente de 3 pieds par lieue. De Mave on monte sur le plateau, en suivant une épaisse forêt qui traverse dans toute leur étendue les vallées gracieuses et tempérées de Guaduas et de Villeta dont, chose assez singulière! la plus éloignée dans la direction du sud-est est la plus profonde. D'abord on voit poindre à une hauteur d'environ 136 mètres quelques troncs de Quinquina. Plus loin, entre Acerradero et Roble, on rencontre les beaux et sombres buissons des chênes de la Nouvelle-Grenade. Près du village de Facatativa commence le plateau; c'est une plaine

immense, presque dépourvue d'arbres, dans laquelle sont cultivés avec grand soin le Chenopodium Quinoa, la pomme de terre et le froment dont chaque épi fournit de quinze à vingt grains. Quelques collines peu élevées, telles que le cerro de Suba et le cerro de Facatativa, sont semées comme des îles sur ces terrains jadis recouverts par les eaux. Il faut parcourir au moins quatre milles avant d'arriver à la capitale. Le milieu de la plaine est un peu déprimé et marécageux. C'est là qu'est situé le village de Funzha, appelé Bogota sous la domination espagnole, et qui avant la conquête, était le siége principal des anciens Schibschas ou Muyscas. Depuis la révolution de la Nouvelle-Grenade et l'établissement de la république de Cundinamarca, on a changé les dénominations géographiques : le nom du village de Bogota a été transporté à la capitale qui, en souvenir de son premier fondateur Gonzalo-Ximenès de Quesada, né à Santa-Fé, dans la belle plaine de Grenade (Vega de Granada), s'est appelée Santa-Fé de Bogota. Il a fallu, sous le nouvel ordre de choses, comme il arrive toujours dans les révolutions des colonies, abolir tout souvenir de la métropole. Le pays ne pouvait plus s'appeler Nouvelle-Grenade, la capitale ne pouvait plus s'appeler Santa-Fé. On donna à la nouvelle république le nom indien de Cundinamarca, en quoi l'on ne fit pas preuve d'une érudition fort exacte, car, sous la domination des Zaques, le véritable nom était Cundirumarca (67). Je suis la nouvelle nomenclature, qui est aujourd'hui d'un usage général.

La ville de Bogota, entourée par des allées de Daturas gigantesques, est adossée à une muraille de rochers presque verticaux. Au-dessus de la ville, à une hauteur de près de 650 mètres, sont les deux chapelles de Monserrate et de Guadalupe, suspendues aux rochers comme des nids. J'ai monté à ces chapelles pour les mesurer barométriquement; on y jouit d'une admirable perspective sur toute la plaine montagneuse et sur les neiges de la Cordillère de Quindiu, que l'on aperçoit en face de soi. Au sud-ouest, une colonne de vapeur s'élève presque sans interruption dans les airs; elle marque la place de l'immense cascade de Tequendama. Le caractère général du paysage est grandiose, mais mélancolique et désert.

L'aspect des montagnes qui s'élèvent dans la région des neiges éternelles fait vivement sentir combien les hautes cimes, alors même qu'elles n'apparaissent à l'horizon que sous de très-petits angles, produisent une impression majestueuse. Ce que l'on aperçoit vers l'ouest, à une distance de 35 lieues, par delà les montagnes boisées qui avoisinent Bogota et la vallée de la Magdalena, est le cône tronqué du volcan de Tolima. D'après les mesures trigonométriques que j'ai prises à peu de distance d'Ibague, ce volcan a près de 5600 mètres de hauteur; il est par conséquent la plus haute montagne du nouveau continent au nord de l'équateur. Plus loin, au delà du Tolima, on découvre, dans la direction de l'ouest-nord-ouest, une rangée de trois sommets arrondis

d'une moindre hauteur, et enfin une *Mesa*, c'est-à-dire un dos de montagne qui se prolonge au loin et présente la forme inclinée d'un toit.

La limite des neiges semble être sur ces montagnes, et il en est toujours ainsi à pareille distance, une ligne horizontale, tracée nettement et sans aucune inégalité. Elle atteint à peine le sommet cylindrique dont on a parlé plus haut; la Mesa seule est, ainsi que le cône de Tolima, recouverte d'un vaste manteau de neige qui resplendit au loin. A Bogota, les trois sommets portent le nom de Paramo de Ruiz, et le long mur de la Mesa celui de Paramo de Erve ou Herveo. Toutefois, cette dernière dénomination est devenue, à l'occasion d'une nouvelle éruption volcanique du Paramo de Ruiz, l'objet d'un débat qui n'est point encore épuisé (68). Le Tolima est, après le Cotopaxi, le cône le plus beau et le plus régulier que j'aie vu entre tous les volcans; la neige en dissimule les moindres inégalités. Le docteur Roulin a trouvé, dans un manuscrit du Père Simon, le récit d'une éruption du Tolima, à la date du 12 mars 1595; découverte d'autant plus heureuse que, dans toute la chaîne des Andes qui s'étend depuis le volcan de Purace, situé près de Popayan par 2° 7′ de latitude boréale, jusqu'à Costa-Rica et Nicaragua, il n'y avait point de volcan dont l'activité ait été constatée dans les temps historiques. La distance de la montagne de Tolima à celle de Purace est de 65 lieues. Toutes deux sont formés de trachyte et appartiennent à la Cordillère du milieu. Des considérations de ce genre

ajoutent aux montagnes neigeuses qui s'élèvent à l'horizon un intérêt particulier, et ceux qui en ont reçu l'impression grandiose ont peine d'abord à en croire les instruments, lorsqu'ils découvrent par exemple que la cime du Tolima, vue de la partie supérieure du Bogota, paraît à l'horizon, si l'on ne tient pas compte de la réfraction, sous un angle qui ne dépasse pas 0,32′.

La soudaineté avec laquelle, sans changement dans la direction des vents et par le seul effet des courants perpendiculaires et des variations de l'électricité atmosphérique, la formation de nuages épais appelés paramitos suit si souvent dans les hautes plaines une extrême sérénité de l'air, jette un grand trouble dans les mesures trigonométriques et dans les observations astronomiques. Souvent, dans l'espace d'une heure, on est enveloppé à plusieurs reprises de ces nuages. Aussi les chiffres exprimant la température moyenne font-ils trop d'honneur au climat des hautes plaines tropicales, dont le soi-disant printemps perpétuel n'est, en réalité, qu'un composé de toutes les variations atmosphériques. La chaleur moyenne à Bogota est de 14°,5 du thermomètre centigrade; c'est 3° au-dessous de la température de Popayan et 0°,7 au-dessous de celle de Quito (69). Ce rapport est très-frappant, car Bogota, plus élevée il est vrai que Popayan de 830 mètres, est inférieure de 275 mètres à Quito. La ville de Quito, située dans une étroite vallée au pied du Pichincha, doit-elle à cet abri un climat plus doux?

Encore nous devons ajouter que M. Boussingault, qui a eu l'idée ingénieuse de mesurer la température moyenne de l'air sous les tropiques d'après la température du sol prise à une très-petite profondeur, a trouvé pour Quito, Riobamba et Lactacunga, non pas 13°,7 ou 14°, mais un chiffre qui varie de 15°,2 à 16°,4. Ces trois villes sont situées sur le grand foyer volcanique de la province de Quito. Mais si l'on songe à ce qu'il faut de temps pour échauffer, même d'une manière peu sensible, des couches puissantes, et que d'ailleurs en embrassant des périodes considérables le rayonnement tend à rétablir l'équilibre, on ose à peine attribuer cette haute température de Quito à l'influence des forces souterraines.

En toute saison, la chaleur diurne est ordinairement comprise, à Bogota, entre 15° et 18° centigrades (12° et 14°,4 de Réaumur), et la chaleur de la nuit, entre 10° et 12° (8° et 10° Réaumur). Jamais on n'a vu le thermomètre descendre au-dessous de + 2°,5. Même à Quito, c'est-à-dire à 2917 mètres de hauteur, le thermomètre, placé à 12 pieds du sol, ne tombe jamais jusqu'à 0°. Comme les influences exercées par les climats sur les corps organisés dépendent beaucoup plutôt de la distribution de la chaleur dans les différentes saisons et aux différentes heures du jour que de la température moyenne, la comparaison des hautes plaines tropicales avec des points déterminés de la zone tempérée et de la zone glaciale, peu élevés au-dessus du niveau de la mer, n'a

d'importance que sous certaines réserves. La chaleur moyenne annuelle de Bogota, à 264 mètres de hauteur et par 4° 36′ de latitude boréale, est la même que celle de Rome; mais tandis qu'à Rome la température du mois de janvier est de 7°,8 et celle du mois du juillet de 23°,7, à Bogota, la température est tellement uniforme dans tous les mois de l'année qu'en 1823, par exemple, l'oscillation n'a été pour dix mois que de 1°, et de 2°,4 pour toute la durée de l'année : le mois le plus chaud a donné 16°,6, le plus froid 14°,2. Il en avait été de même quinze ans auparavant (70). Je trouve, dans des observations plus anciennes de José Caldas, une différence de 0°,9 seulement pour sept mois consécutifs. La même uniformité se retrouve dans la pression atmosphérique. Si dans le cours d'une année entière, on observe l'état du baromètre, en tenant compte des variations régulières qu'apportent les différentes heures du jour, et en prenant pour point de comparaison le moment où le mercure monte le plus haut et celui où il descend le plus bas, c'est-à-dire neuf heures du matin et quatre heures du soir, la différence n'est jamais de plus d'une ligne. Quelquefois cette différence n'excède pas, en dix mois, les 17/100 d'une ligne.

Le brouillard qui règne fréquemment sur le plateau de Bogota, surtout près des bords, humecte les plantes et entretient la végétation dans une éternelle fraîcheur. Les herborisations sur les rochers abrupts aux flancs desquels sont suspendues, à des hauteurs

de 3216 et de 3288 mètres, les chapelles dédiées à Notre-Dame de Monserrate et à Notre-Dame de Guadalupe, procurent de ces jouissances dont le souvenir s'efface difficilement. Là commence la végétation des Paramos, dont les feuilles ressemblent à celles du myrte et du laurier. A l'ombre du Vallea stipularis, des Weinmannies et des Escallonies déployées en forme de parasol, nous trouvâmes les fleurs brillantes des Alstrœmères, des Passiflores, et de nouvelles espèces de Fuchsia et de Rhéxies. Chacune de ces deux chapelles, séparées l'une de l'autre par une crevasse profonde (el Boqueron), a son espèce particulière de Passiflores; à l'une appartient le Tacsonia speciosa ou Curubita, dont on pare les autels aux grandes fêtes; à l'autre, le Tacsonia mollissima, que les habitants de Popayan cultivent à cause de ses fruits qui sont bons à manger. La surface du rocher est recouverte de groupes pressés de Myrica pubescens, de Gaultheria, de Thibaudia aux fleurs pourprées, de l'Hypericum brathys de Smith, et de notre beau genre Aragoa, dont les feuilles allongées rappellent celles des sapins et des cyprès. Aucune espèce de Quinquina fébrifuge ne s'aventure plus sur ces hauteurs, car le Quina naranjada (Cinchona lancifolia Mut.), que l'on confondait, avant mon voyage à Loxa, avec le Cinchona Condaminea, et que l'on croyait être proprement le Cinchona officinalis de Linné, nous avait abandonnés déjà dans la forêt de chênes, que nous avions traversée longtemps avant d'atteindre le plateau de Bogota. En revanche on

rencontre avec étonnement, jusqu'à la partie supérieure de la ville de Bogota, une haute plante alpestre, le Frailexon cotonneux (Espeletia grandiflora). Le plus grand nombre de ces végétaux a été reproduit dans le Recueil publié par M. Bonpland et par moi sous le titre de *Plantes équinoxiales*. Bien que les chapelles de Monserrate et de Guadalupe, dont la hauteur absolue est presque égale à celle de l'Etna, soient à 2000 pieds au-dessus de la ville, elles ne laissent pas d'être le but de fréquents pèlerinages. La situation particulière de ces stations les rend d'un usage extrêmement commode pour observer la déviation horaire magnétique et les oscillations qui se produisent aux différentes heures du jour dans la hauteur du baromètre. J'entrepris de comparer soigneusement dans ces deux stations l'inclinaison et l'intensité magnétiques. Toutes deux étaient un peu moins sensibles dans la station supérieure; les oscillations étaient dans le rapport de 226 à 224. L'inclinaison était à Bogota de 27°15 de la division centigrade; elle était de 26°80 à la chapelle de Guadalupe. Le lieu serait aussi excellemment choisi pour observer la loi qui règle les variations de la chaleur aux différentes heures du jour et de la nuit.

De la crevasse qui sépare les deux chapelles s'échappe la petite rivière de San Francisco, qui, après avoir traversé la ville comme les deux ruisseaux de San Agostin et d'Arzobispo, se réunit, dans le milieu de la plaine ou *Llanura*, à la rivière principale, le Rio de Funzha ou Rio de Bogota. Le Rio de Funzha reçoit

toutes les eaux qui descendent de la chaîne de montagnes, située à l'est, partage la plaine en deux parties du nord au sud, et se détournant brusquement vers le sud-ouest, rencontre, dans la chaîne qui borne la plaine de ce côté, une étroite ouverture à travers laquelle il se précipite, en formant la célèbre cascade ou *salto* de Tequendama. Le Rio de Funzha coule encore pendant l'espace de sept milles, sur la pente occidentale de la Cordillère orientale, le long d'un ravin qui s'élargit peu à peu en une vallée, avant de se réunir au Rio Magdalena. Le confluent est à douze milles au-dessus de Honda.

La plaine de Bogota, de même qu'elle a un climat qui lui est propre, a aussi ses mythes particuliers. Comme la vallée de Mexico (l'ancien Tenochtitlan), elle forme un bassin fermé, d'où les eaux ne peuvent s'échapper que par une seule issue. Les deux plaines contiennent dans leur terrain meuble les ossements fossiles d'animaux antédiluviens, ressemblant à des éléphants; la Llanura de Bogota en renferme cependant un plus grand nombre. Dans le bassin de Mexico, inférieur de 360 mètres, et entouré d'un mur circulaire de montagnes trachytiques et porphyriques, l'ouverture par laquelle s'écoulent les eaux est une brèche artificielle, située près de Huehuetoca, que l'on a commencé à tailler en 1607, et à travers laquelle toutes les eaux de la plaine, réunies au Rio de Tula, vont se jeter dans le golfe du Mexique. L'ouverture au contraire qui donne naissance à la cascade de Tequendama est naturelle; c'est

une faille dont l'existence remonte au soulèvement général de la chaîne, ou qui a été formée par des ébranlements plus récents, tels que ceux dont cette contrée n'a point encore perdu l'habitude, mais antérieurs toutefois aux temps historiques. Si le passage du Tequendama venait à être fermé, nul doute que, malgré l'évaporation, le petit marais de Funzha ne se changeât en un lac alpestre. Il en était ainsi, suivant les traditions des indigènes, à l'origine des choses. Avant que la lune fût devenue la compagne de la terre, les Indiens Muyscas ou Mozcaz vivaient en barbares, sans agriculture et sans culte. Le véritable nom de ce peuple était *Schibscha*, car Muysca dans leur langue signifie homme en général. Tout à coup parut un vieillard à longue barbe, qui descendait des montagnes situées derrière Bogota, et appartenait à une race autre que celle des Muyscas. Il avait trois noms, Botschika, Zuhè et Nemquetheba, parmi lesquels le premier était le plus vénéré. Comme Manco Capac, il arrivait par l'est; il avait quitté les savanes du Rio Meta, et peut-être la région boisée de l'Orénoque, où jusqu'au Rupununi et à l'Essequibo on rencontre de hauts rochers couverts de signes et d'images symboliques. Botschika enseigna aux habitants des montagnes à se vêtir, à semer le Maïs et le Quinoa, espèce de Chenopodium, à s'associer entre eux par le lien d'un culte religieux et par la communauté des croyances qui consacraient certaines localités, à constituer enfin une nation. C'est aussi ce qu'avait fait Manco Capac; mais ainsi

débutent tous les mythes qui prétendent expliquer l'inexplicable passage de la barbarie à l'état de société et de civilisation.

Botschika était accompagné d'une femme qui, comme lui, portait trois noms, et qui détruisait méchamment tout ce qu'il avait projeté pour le bonheur des hommes. Huythaca, autrement appelée Schia ou Yubecayguaya, fit gonfler par ses sortiléges la rivière de Funzha. Toute la plaine se changea en lac, et quelques hommes seulement eurent le temps de se sauver sur les montagnes voisines. Le vieillard irrité bannit sa malfaisante épouse; Huythaca quitta la terre et devint la lune, car la lune n'avait pas lui encore pour les premiers Muyscas, qui se disaient Prosélènes, comme les premiers Arcadiens (71). Botschika, touché de compassion pour l'espèce humaine, brisa d'une main puissante les rochers qui ferment la vallée du côté de Canoas et de Tequendama, précipita par cette ouverture le Funzha, et dessécha toute la plaine. Ainsi la cataracte de Tequendama, la merveille de la contrée, est son ouvrage. Cette légende rappelle celle de Kâsyapa, qui ouvrit de même une tranchée dans la montagne de Baramaulsch, pour dessécher la vallée de Kaschmir, et donna à cette vallée le nom de Kasyapapur ou Kaschapur, qu'elle portait jadis (72). Botschika réunit tous les hommes dispersés par le débordement du Rio Funzha, leur apprit à bâtir des villes, institua le culte du soleil, et établit une méthode particulière d'intercalations lunaires, dont j'ai donné le détail ailleurs (73). Il

fonda aussi une constitution politique, qui rappelle l'ancien état sacerdotal de Méroë, et celui du Thibet avant l'introduction du bouddhisme. La souveraine puissance était partagée entre un chef séculier, nommé Zaque (74), et un chef ecclésiastique, le grand prêtre d'Iraca ou Sogamoso, ville située à l'est de Tunja. Dès lors la mission de Botschika fut finie; il se retira dans la ville sainte d'Iraca, et comme Bouddha et le législateur sacré des Aztèques, Quetzalcoatl, il vécut cent cycles muyscas, c'est-à-dire deux mille ans, dans une piété contemplative et livré à d'austères pénitences; après quoi il disparut mystérieusement près de Sogamoso. Botschika est souvent confondu avec un autre personnage merveilleux, comme lui envoyé de Dieu (enviado de Dios), et appelé Nemterequeteba, qui fut grand prêtre d'Iraca.

Ce mythe ou ce roman géologique, semblable à ceux que présentent les anciens livres sacrés de tant de nations, et qui souvent se développent parallèlement à des légendes historiques, a son origine en partie dans la conformation particulière du bassin de Bogota et dans les débordements du Rio Funzha, en partie dans cette disposition au symbole qui caractérise l'enfance de l'humanité. Sous toutes les zones, dans l'Asie Mineure, dans les hautes plaines et dans les vallées circulaires de la Grèce, jusque dans les petites îles de la mer du Sud, nous retrouvons les mêmes mythes géologiques, avec la même tendance politique et morale. Botschika et Huythaca sont opposés l'un à l'autre comme le bon et le mauvais prin-

cipe. Botschika est un fils du soleil comme Manco Capac, et peut-être le soleil lui-même fait homme. Huythaca est le principe humide; elle fait déborder les fleuves et devient la lune. Botschika, principe de la chaleur et du desséchement, chasse les eaux et leur donne un écoulement, en rompant la digue des rochers. Comme Trimurti, il a trois noms. Les prêtres ou lamas de Sogamoso montrèrent aux premiers conquérants espagnols, aux compagnons du hardi Ximenez de Quesada, des idoles qui représentaient le fils du soleil avec trois têtes. Botschika personnifie encore la civilisation; il apparaît comme une grande figure historique, imaginée pour expliquer à l'aise et par une invention soudaine toutes les institutions civiles et religieuses, par exemple le calendrier nécessaire pour déterminer les jours consacrés aux sacrifices et aux pèlerinages. Tout ce qui s'est formé et développé peu à peu, on se le représente comme produit simultanément par l'intervention de quelque thaumaturge étranger. Si divers que soient les degrés de civilisation auxquels l'homme peut parvenir, sur la croupe des Cordillères ou sur les rives de la Méditerranée, en Grèce, en Asie Mineure ou en Égypte; partout les idées ont suivi la même voie et laissé la même trace, partout la foi et l'imagination poétique renaissent et se reproduisent sous les mêmes formes.

L'ancien mythe géologique des Muyscas, de cette race à peine échappée à la barbarie, ou qui peut-être s'y était à moitié rengagée, a du moins cet avantage, au point de vue de la physique générale, qu'il

attribue l'ouverture de la vallée et l'écoulement des eaux à l'action instantanée d'une force unique et violente. Cette vue s'accorde avec les caractères des phénomènes et la forme de la brèche pratiquée dans la montagne. Les couches de la roche calcaire sont horizontales. La crevasse paraît postérieure à la solidification et au soulèvement du sol. Ce n'est point une lacune que ces formations stratifiées auraient laissée subsister au milieu d'elles, en se relevant sous des angles différents; c'est une ouverture, une sorte de vallée transversale, produite par les mêmes forces mystérieuses qui se manifestent dans toutes les réactions du noyau intérieur de la terre contre l'écorce qui la recouvre. L'ouverture s'est-elle formée peu à peu d'une crevasse étroite d'abord, et que l'action des eaux aurait insensiblement agrandie jusqu'à une largeur de 80 pieds? Bien que des habitants de Bogota, très-versés dans les questions géologiques, et observateurs assidus de leurs phénomènes locaux, aient tenté de me le persuader, je suis peu disposé pour ma part à accepter ces lents effets d'érosion. Ce n'est pas la première fois d'ailleurs qu'une pareille hypothèse est mise en avant; elle se renouvelle à propos de toutes les vallées alpestres de l'Ancien et du Nouveau Monde. Sans doute toutes les eaux courantes, quelle que soit aujourd'hui la célébrité de leur nom, ont forcé autrefois d'étroits sillons et en ont fait de larges vallées, à travers lesquelles leur cours se développe librement; mais ce sont là de médiocres phénomènes, sans aucun lien avec les causes

qui ont pu rompre jadis le relief général du globe. Le système des effets successifs et des forces débiles n'agissant qu'avec l'aide des siècles, système qui se renouvelle périodiquement, et que l'antiquité classique appliquait déjà à la formation des Deltas, aux alluvions et aux cavernes creusées par la filtration des eaux, paraît peu satisfaisant lorsque l'on considère les débris terrestres qui nous servent aujourd'hui de demeures. La pluie, en tombant goutte à goutte, peut à la longue percer une pierre; elle n'a pu donner à l'écorce de notre planète sa forme et sa physionomie.

La chute de Tequendama doit son aspect imposant au rapport de sa hauteur et de la masse d'eau qui se précipite en deux bonds. Le Rio de Funzha, après avoir abreuvé, près de Facatativa et de Fontibon, un marais couvert de belles plantes aquatiques, se resserre et rentre dans son lit près de Canoas. J'ai trouvé qu'il avait encore sur ce point 130 pieds de largeur. A l'époque des grandes sécheresses, il m'a paru, en supposant le fleuve coupé par un plan perpendiculaire, que la masse d'eau présentait une section de 700 à 780 pieds carrés. Le grand mur de rocher, dont la cascade baigne les parois, et qui par sa blancheur et la régularité de ses couches horizontales rappelle le calcaire Jurassique; les reflets de la lumière brisée dans le nuage de vapeur qui flotte sans cesse au-dessus de la cataracte; la division à l'infini de cette masse vaporeuse qui retombe en perles humides, et laisse derrière elle une sorte de queue

comme les comètes; le bruit de la cascade, semblable au roulement du tonnerre et répété par les échos des montagnes, l'obscurité du gouffre, le contraste entre les chênes qui rappellent en haut la végétation du nord, et les formes tropicales qui croissent au pied de la cascade, tout se réunit pour donner à cette scène indescriptible un caractère individuel et grandiose. Ce n'est que par les grandes eaux que le Funzha se précipite perpendiculairement et d'un seul bond, sans être arrêté par les aspérités du rocher. Lorsqu'au contraire les eaux sont basses, et c'est l'état dans lequel je les ai vues, le spectacle est plus animé. Il existe dans le rocher deux saillies, l'une à 30 pieds, l'autre à 180, qui produisent une succession de cascades, au bas desquelles tout se perd dans une mer d'écume et de vapeur. En se penchant sur la limite extrême du banc de rocher d'où tombe le Rio Funzha, on recueille abondamment une petite plante appartenant à la rare famille des Podostémées de Richard et au Nouveau Genre Marathrum; c'est le Marathrum fœniculaceum de Humboldt et Bonpland, dont les feuilles radicales finement découpées et presque capillaires plongent dans les eaux bouillonnantes (75).

Les lieux sont disposés de telle façon que c'est un fort difficile problème de déterminer exactement la hauteur du *Salto*. Il ne suffit pas de laisser tomber une pierre verticalement; il faut, pour que cette pierre évite les saillies du rocher, lui communiquer une certaine force d'impulsion qui m'a paru

troubler l'expérience. Quant à mesurer une base dans l'étroite *quebrada* formée entre les rochers ; il n'y a point à y penser ; sans compter que les détours et pour ainsi dire les replis de cette crevasse ne permettent pas d'embrasser l'ensemble de la cataracte, et de déterminer un angle qui en comprenne la hauteur totale. Le seul moyen me parut être de descendre péniblement du plateau de Canoas dans la vallée de Povasa, à quoi j'employai trois heures. Bien qu'une grande quantité d'eau s'évapore en tombant, le torrent avait encore une telle violence, au pied de la cascade, qu'il me fallut aller fort loin pour disposer un baromètre. La distance et la division des cascades rendent fort douteux le résultat que j'obtins alors. Si l'on regarde la cascade de bas en haut, elle fait l'effet d'un tapis d'argent dont les franges ne feraient qu'effleurer la terre. Le compagnon de Boussingault, le docteur Roulin, a renouvelé vingt ans plus tard la même opération ; il s'est approché du Salto plus près que je ne l'avais fait, jusqu'à une distance de 40 mètres environ, et s'est placé sur le bord d'un rocher où il se croyait de niveau avec le pied de la cataracte. Il a trouvé à l'aide du baromètre 870 pieds, tandis que mes calculs chronométriques, combinés avec des mesures barométriques imparfaites, m'avaient donné pour moyenne 522 pieds ou 173 mètres. Ce chiffre était encore trop élevé. En 1840, le baron Gros et le colonel Joaquin Acosta ont institué un système de mesure fort satisfaisant, avec un fil à plomb qui, au moyen d'un appareil, pendait à une

distance de 15 pieds. La véritable hauteur de la chute totale est de 449 pieds ou 146 mètres. La moyenne que j'avais obtenue était par conséquent trop élevée de 1/6, 15 (76). La température de l'eau était égale à 15°,6, et la même en haut qu'en bas, ce que je n'aurais pas soupçonné, à cause de l'évaporation qui semblait devoir la refroidir.

J'ai plusieurs fois mentionné la muraille de calcaire qui, aussitôt après la chute du Tequendama, s'élève perpendiculairement du fond de l'abîme, et que la belle gravure de Ghelin représente d'une manière très-pittoresque (77). C'est ici le lieu d'indiquer le rapport des formations calcaires aux formations plus anciennes, qui peut-être leur servent de base. Tout près des admirables champs de froment de Canoas, est situé un dépôt de houille, le plus élevé peut-être du monde connu. En avançant quelques milles dans la direction du nord-est, à l'endroit où la vallée de Futscha, ancien lieu de plaisance du vice-roi de la Nouvelle-Grenade, débouche dans la vallée d'Usme, le soc de la charrue rencontre à une très-faible profondeur et met à découvert des ossements gigantesques de Mastodontes. Cette plaine a été appelée *Campo de Gigantes* par les premiers colons espagnols. A l'autre extrémité du plateau, vers le nord, près de Zipaquira, est un vaste dépôt de sel gemme en exploitation. Il résulte d'aperçus généraux sur la liaison de ces remarquables phénomènes géologiques que le sel gemme et les dépôts houillers ne sont pas ici des formations locales qui

attesteraient, suivant la légende des Muyscas, le desséchement d'un lac alpestre; ces formations se rattachent à des phénomènes beaucoup plus considérables, qui embrassent des espaces très-étendus. Elles se retrouvent disposées symétriquement, par delà les montagnes et les vallées, dans le bassin profond du Rio Magdalena, aussi bien que dans les plaines du Meta et de l'Orénoque, à l'est et à l'ouest de la grande Cordillère. En me reportant à des théories géognostiques fort oubliées aujourd'hui, et qui datent d'une époque où la science avait encore fait peu de progrès, alors que l'on ne nommait guère les formations que d'après l'ordre de leur gisement, leur configuration extérieure et une analogie apparente avec certains types consacrés, j'avais cru reconnaître que trois formations stratifiées se suivaient sur le plateau de Bogota : c'était, en allant de bas en haut, le grès, le gypse et le calcaire.

La formation arénacée est partout visible dans la montagne orientale à laquelle est adossée la ville de Bogota, et à l'extrémité septentrionale du plateau, près du petit lac alpestre de Guatavita. Le calcaire ne paraît pas s'élever aussi haut. Le rocher sur lequel est bâtie la chapelle de Montserrate est formé de grès jusqu'à la cime; et sur le Cerro de Guadalupe, le premier tiers du rocher est seul composé de calcaire. Boussingault et Roulin, lors de leur expédition dans les Llanos, expédition également importante pour la géologie et les déterminations de lieux astronomiques, traversèrent toute la Cordillère orientale, entre

la ville de Bogota et les sources du Rio Meta, l'un des affluents de l'Orénoque ; partout ils trouvèrent du grès sur les hauteurs, et ils ajoutent que souvent ce grès était coquillier (78). Le Paramo, à travers lequel on gagne la plaine de Bogota, portait autrefois mal à propos le nom de Chingasa ; le nom de Chinguachi, par corruption Choachi, convient mieux, à cause du petit village de Chiguachi que l'on rencontre plus loin vers l'est, au pied du Paramo, et qui est situé si bas qu'à très-peu de distance on peut cultiver la canne à sucre. Le grès est une formation puissante et répandue sur de vastes espaces. Je l'ai suivie sans interruption depuis Bogota jusqu'à la vallée du Rio Magdalena, en descendant par le village de Pandi et les ponts naturels d'Icononzo, près de Fusagasuga. Un peu plus au nord, près de Villeta, le grès repose sur des dépôts de schiste argileux, riches en minerais de cuivre (79). Ce fait d'une même formation arénacée, partant des vallées situées à droite et à gauche d'une chaîne de montagnes et s'élevant avec ces montagnes à une hauteur de 3900 mètres au moins, est un phénomène considérable, et l'un des nombreux arguments que l'on peut invoquer en faveur du soulèvement de la chaîne des Andes. Pentland a observé des relations identiques sur la haute plaine de Titicaca. A partir de la côte du Chili, des couches de grès contenant du gypse, de la houille, du sel gemme et du cuivre, et nommées par Pentland *New Red Sandstone*, montent sur la Cordillère pour aller rejoindre les plaines orientales du Rio Beni,

comprises dans le bassin de la rivière des Amazones.

Sur le plateau de Bogota et 6000 pieds plus bas, au-dessous du village de Pandi, dans cette partie de la vallée de la Magdalena qui avoisine Melgar, le grès est d'un blanc jaunâtre, riche en quartz, à grains fins, cimentés par de l'argile. Il contient si peu de calcaire qu'il ne fait point effervescence avec les acides. Près de Honda, j'ai vu des couches à grains fins alterner avec des dépôts d'argile et des conglomérats à gros grains, qui renfermaient du fer et étaient d'un brun jaunâtre. Ces couches contenaient des fragments anguleux de pierre Lydienne longs de 2 à 3 pouces, du schiste argileux, du gneiss et du quartz en couches. J'ai retrouvé fort au delà de Honda, près d'Espinal, les mêmes couches de conglomérats. Le grès que l'on rencontre près de Zambrano, sur les bords du Rio Magdalena, à 16 milles tout au plus de la mer, me paraît appartenir à la même formation, aussi bien que le grès houiller du Rio Sinu, et rappelle par sa structure globuleuse les gisements qui se retrouvent sur plusieurs points de l'Allemagne. Des disques elliptiques de grès à grains très-fins, ayant de 2 à 3 pieds de diamètre, sont engagés près de Zambrano dans des grès grossiers, avec des fragments à cassure esquilleuse et disposés par couches, au nombre souvent de douze ou quinze. Nulle part je n'ai trouvé cette formation arénacée superposée à aucune autre. Sur le Peñon de Rosas, aux bords du Rio Magdalena et près de Mariquita, le

grès repose immédiatement sur du granite contenant de la tourmaline; il a pour base du gneiss aux bords du Rio Lumbi, près de la mine d'Argent de Santa-Ana, et un schiste argileux de transition entre la forêt de chênes de l'alto de Roble et l'alto de Gascas, c'est-à-dire au tiers de la route qui conduit de Bogota à Honda. Le grès contient, dit-on, des cavernes, sur le plateau situé près de Facatativa et sur la pente occidentale de la Cordillère voisine de Pandi.

Dans la formation arénacée que je décris en ce moment, se trouvent, non pas immédiatement au-dessous du grès, mais au-dessous d'épaisses couches de schiste argileux qui les en séparent, de véritables dépôts de houille, distincts des dépôts de lignite, et dont plusieurs sont en exploitation. De même que les mines de sel gemme, dont j'aurai à parler plus bas, ces débris d'une végétation antédiluvienne sont situés à des hauteurs très-diverses. J'en sais dont l'élévation varie depuis 9800 jusqu'à 2700 mètres au-dessus de la mer. On peut citer comme exemples de cette inégalité de niveau les dépôts compris entre la Palma et Guaduas; ceux qui avoisinent Velez et Leiva; ceux qui sont situés sur le plateau de Bogota, près de la chute de Tequendema et de Chipa dans la colline de Suba, et à l'autre extrémité de la plaine, à une demi-lieue vers l'ouest des mines de sel gemme de Rute, près de Zipaquira. On a bien trouvé des empreintes de végétaux fossiles dans la roche qui recouvre les dépôts de houille, mais l'on n'a trouvé encore ni Fougères, ni Lycopo-

de surprise à une époque où l'on ne soupçonnait point l'existence de sources salifères dans le porphyre, ni la production naturelle du sel gemme au bord du cratère actuel du Vésuve. Un voyageur non moins pénétrant qu'attentif, M. Charles Degenhardt, a éclairci ce phénomène par des dessins. Les sources salifères sortent immédiatement du granite, près de El quarzo, à l'ouest du cours supérieur d'un autre Rio Negro, qui se jette dans le Rio de Narès.

La formation arénacée et peut-être aussi en quelques endroits les dépôts rares et disséminés de gypse sont recouverts d'épaisses couches de calcaire stratifié horizontalement. Le calcaire descend du plateau jusqu'à Melgar et Tocayma, dans la vallée profonde du Rio Magdalena, où il paraît être plus abondant en fossiles que sur les hauteurs des Cordillères. J'ai trouvé dans le calcaire qui avoisine Tocayma les premières ammonites que j'aie aperçues sous les tropiques.

Le diluvium qui couvre le plateau de Bogota a été formé aux dépens du grès; heureusement il est mêlé sur plusieurs points d'argile et de marne, qui le rendent très-propre à la culture des céréales européennes. Dans les parties du sol plus pauvres, où le quartz est plus abondant, d'humbles graminées telles que le Pharus scaber, le Poa infirma et l'Olyra cordifolia végètent, ainsi que quelques espèces de Tagetes, de Viola et d'Hemimeris, à l'ombre d'un Alnus ferruginea. Dans le Champ des Géants que j'ai fait fouiller pendant plusieurs jours pour y

trouver des ossements fossiles, reposent, au milieu d'un terrain d'alluvion, des restes de Mastodontes et surtout, d'après l'examen qu'en a fait Cuvier, du Mastodonte angustidens (82). Les débris découverts sur la haute plaine de Mexico appartiennent à de véritables Éléphants, bien qu'à des espèces qui ont disparu de la terre. Il est digne de remarque que dans la région intertropicale du nouveau continent, contrairement à ce que l'on observe dans la région tempérée du nord et du midi, le plus grand nombre d'ossements fossiles d'Éléphants et de Mastodontes, trouvés jusqu'à ce jour, l'ont été sur les hautes croupes des Cordillères, par conséquent dans la *Tierra Fria*, et non pas dans les plaines chaudes, contiguës aux montagnes. Ces ossements restent-ils mieux cachés sous la végétation luxuriante des plaines, et ont-ils été mis à jour par le soulèvement des montagnes? On peut citer du moins à l'appui de cette hypothèse les ossements de Mastodontes et de Rhinocéros qui ont été découverts sur les hauteurs de l'Oural, et des deux côtés de la chaîne, dans les vallées de l'Irtysch et de la Cama, mêlés à du sable aurifère, et disséminés, avec d'autres ossements fossiles, au milieu de diluvium.

J'ai indiqué le gisement des roches stratifiées uniquement d'après leur étendue relative, sans les caractériser en elles-mêmes par leur parallélisme ou plutôt par leur identité avec les types bien connus que nous offre l'Europe. Cette réserve est nécessaire à une époque où l'on ne peut guère se guider que

d'après l'étude exacte des circonstances zoologiques et des fossiles qui caractérisent les formations. Je rapportais autrefois, dans les Cordillères, la vaste et puissante formation arénacée, avec les houilles et les dépôts superposés de sel gemme, au grès ancien (todtes liegende), et je croyais le calcaire du grand mur de Tequendama composé en partie de zechstein avec mélange de gypse, en partie de calcaire jurassique. Nous savons aujourd'hui que la houille renfermant de véritables Fougères, des Monocotylédones et des troncs de Conifères, appartient, comme le sel gemme, à des formations très-diverses. Nous connaissons des dépôts de sel gemme qui, ainsi que l'a bien fait voir le directeur général des mines, M. de Dechen, partent du zechstein mêlé de gypse et placé au-dessous du stinkstein, tel qu'on le voit près de Kostritz, et pénètrent jusque dans la craie inférieure, après avoir traversé le grès bigarré en Angleterre, le muschelkalk ou calcaire coquillier en Souabe, et le keuper en Lorraine (83). Le petit nombre de fossiles que je rapportai des contrées tropicales du Nouveau-Monde s'accroît peu à peu de découvertes beaucoup plus importantes. Le calcaire du Mexique, de la Nouvelle-Grenade et du Pérou, que l'on mettait autrefois dans la classe du zechstein et du calcaire jurassique, est menacé du même sort que le calcaire des Alpes suisses, que depuis trente années les géologues ont fait passer par tant de vicissitudes, le prenant successivement pour du calcaire de transition, puis en grande partie du moins pour un représentant du lias,

et enfin pour de la craie proprement dite. La craie inférieure s'est-elle aussi élevée sur les hauteurs de la chaîne des Andes du fond de la vallée des Amazones? La formation siliceuse du Pérou, épaisse de plusieurs milliers de pieds, que l'on rencontre près de Truxillo, à l'endroit où l'on descend du plateau de Caxamarca vers la mer du Sud, et que j'ai décrite dans mon *Essai sur le gisement des Roches*, est-elle du quadersandstein intermédiaire entre la craie supérieure et le gault (84)? Ce sont là des problèmes importants que ne manquera pas de résoudre bientôt, grâce à l'accroissement continu des matériaux dont la science dispose, le géologue éminent qui, dans l'étude des fossiles, poursuit à la fois les aperçus physiologiques et géognostiques avec la même pénétration et le même bonheur (85).

VI

PREMIÈRE TENTATIVE

FAITE EN L'ANNÉE 1802

POUR PARVENIR A LA CIME DU CHIMBORAZO.

Jusqu'à ce jour les plus hauts sommets des deux continents : dans l'ancien continent, le Kintschinjinga, le Dhawalagiri ou Montagne Blanche et le Dschawahir; dans le nouveau, l'Aconcagua et le Sahama, n'ont point été gravis par l'homme (86). Le point le plus élevé, où l'homme soit parvenu sur la surface de la terre, est situé dans l'Amérique méridionale, sur la pente sud-est du Chimborazo. Là des voyageurs se sont élevés, en juin 1802, à 5878 mètres; en décembre 1831, à 6004 mètres au-dessus du niveau de la mer. On a établi par conséquent des mesures barométriques sur des points de la chaîne des Andes qui s'élèvent à plus de 1200 mètres au-dessus de la cime du Mont-Blanc. Il est facile de juger combien la hauteur du Mont-Blanc est peu considérable relativement à la hauteur générale des Cordillères, en songeant qu'il existe dans cette chaîne des

routes très-fréquentées, qui dépassent la cime la plus élevée des Alpes, et que la partie haute de la grande ville de Potosi ne le lui cède que de 630 mètres. J'ai cru nécessaire de placer au début ces quelques indications numériques, afin que l'imagination, se reposant sur des données certaines, pût se représenter plus fidèlement les relations hypsométriques et, pour ainsi dire, la forme plastique de la surface terrestre.

L'ascension des montagnes qui s'élèvent beaucoup au-dessus de la limite des neiges éternelles, et ne peuvent être par conséquent visitées que pendant quelques heures, est d'un médiocre intérêt scientifique. A la vérité, la détermination immédiate des hauteurs par le baromètre a l'avantage de la rapidité, mais presque toujours les cimes sont entourées de plateaux propres à des opérations trigonométriques, et sur lesquels on peut contrôler tous les éléments des mesures autant de fois qu'on le juge à propos, tandis que tout est fini en une fois avec le baromètre, et que les variations produites dans l'abaissement de la température par les courants d'air, qui montent et descendent sur la pente des montagnes, peuvent être une cause d'erreur considérable. La nature des roches échappe presque toujours, sous la couche de neige qui les recouvre, aux observations géognostiques; çà et là quelques rocs offrent seuls aux regards leur crête décomposée. La vie organique est morte dans ces hautes solitudes; c'est à peine si le vautour des montagnes, le Condor, et quelques

insectes ailés, entraînés malgré eux par les courants aériens, s'égarent dans ces couches raréfiées de l'atmosphère. Mais s'il ne s'attache pas un intérêt scientifique bien sérieux aux efforts des physiciens voyageurs qui tentent de gravir les cimes des plus hautes montagnes, en revanche ces entreprises ont toujours eu le privilége d'exciter à un haut degré les sympathies populaires. Les choses qui paraissent hors d'atteinte ont une force d'attraction mystérieuse. Chacun brûle d'avoir et veut goûter au moins ce qu'il ne peut posséder. Nul autre objet, depuis mon retour, n'a fourni matière à des questions aussi incessantes que celles qui m'ont été adressées sur le Chimborazo; et ce n'était pas des grandes lois naturelles qu'il s'agissait. La description pittoresque des zones végétales, la superposition des climats et leur influence sur l'agriculture réussissaient rarement à détourner l'attention de la cime neigeuse qui, à cette époque, où Fitz Roy n'avait pas encore mesuré la chaîne côtière du Chili méridional, où Pentland n'avait pas encore visité la Bolivie, passait pour le point culminant de toutes les Cordillères des Andes.

J'emprunte à la partie encore inédite de mon Journal de voyage, le simple récit d'une ascension de montagnes. Le détail des opérations trigonométriques que j'ai exécutées près de la nouvelle ville de Riobamba, dans la plaine de Tapia, a été publié presque aussitôt après mon retour dans l'Introduction au premier volume de mes Observations Astronomiques (87), et, en ce qui touche la botanique, j'ai

essayé de représenter, dans une des cartes de mon Atlas de l'Amérique méridionale, la géographie des plantes sur la pente du Chimborazo et sur les montagnes voisines, depuis le bord de la mer jusqu'à la hauteur de 4800 mètres, d'après les excellentes descriptions que Kunth a données des plantes alpestres recueillies par Bonpland et par moi. J'y ai joint des échelles qui présentent les lois du décroissement de la chaleur, constatées par de nombreuses observations.

J'avais réservé pour le quatrième et dernier volume de mon Voyage aux régions équinoxiales le récit de cette ascension qui, par lui-même, n'offre pas un grand intérêt dramatique; mais comme mon vieil ami, M. Boussingault, l'un des plus savants et des plus intéressants voyageurs de notre époque, a publié récemment à ma prière, dans les *Annales de Chimie et de Physique*, le récit d'une expédition très-semblable à la mienne, et que nos observations peuvent se compléter mutuellement, je suis en droit peut-être d'espérer que ce simple fragment sera mieux accueilli. Je m'abstiendrai d'ailleurs des discussions géognostiques et physiques, dont le détail pourrait m'entraîner trop loin.

Le 22 juin 1799, j'avais visité le cratère du pic de Ténériffe; trois ans plus tard, presque jour pour jour, le 23 juin 1802, je m'élevais à 2180 mètres au-dessus de ce volcan, jusque près de la cime du Chimborazo. Après un long séjour dans la haute plaine de Quito, l'une des plus merveilleuses contrées de la terre et des plus pittoresques, nous nous étions di-

rigés vers les forêts de Quinquina de Loxa et la partie supérieure du fleuve des Amazones, à l'ouest du célèbre détroit ou Pongo de Manseriche, pour gagner, à travers les déserts sablonneux qui forment la côte du Pérou, la ville de Lima, où je devais observer, le 9 novembre 1802, le passage de Mercure devant le disque du soleil. Nous avions joui durant plusieurs jours de l'aspect du Chimborazo, dans la plaine couverte de pierre ponce, où, à la suite de l'effroyable catastrophe du 4 février 1797, on recommençait à bâtir la nouvelle ville de Riobamba. La sérénité du ciel favorisait nos opérations trigonométriques, et ajoutait encore à la magnificence du spectacle que présentait le sommet du Chimborazo, arrondi en forme de cloche ou de dôme. Séparés de la montagne par plus de trente kilomètres, nous avions exploré, à l'aide d'une grande lunette, le manteau de neige qui la recouvrait, et nous avions découvert plusieurs arêtes de rocher complétement dépourvues de végétation, qui, se dégageant de la neige, formaient le long de la cime des bandes noires et étroites, et nous donnaient l'espérance de pouvoir poser fermement le pied dans la région neigeuse (88). La nouvelle ville de Riobamba est située en face du colossal Capac-Urcu, nommé par les Espagnols *el Altar*, qui, suivant les traditions des indigènes, était autrefois plus haut que le Chimborazo, mais qui, après avoir longtemps vomi des flammes, s'abîma un jour et fut découronné de sa cime, ainsi que l'attestent ses déchirements. Cette effroyable catastrophe dut arriver peu de temps avant la conquête

de Quito par l'inca Tupac Yupanqui. Il ne faut point confondre la nouvelle ville de Riobamba avec l'ancienne, dont le plan est indiqué sur la carte de la Condamine et de Pedro Maldonado. L'ancienne Riobamba a été complétement détruite par l'horrible tremblement de terre du 4 février 1797 qui, en quelques minutes, fit périr plus de 30000 hommes. La nouvelle ville est située, d'après nos mesures chronométriques, 42″ plus à l'est que la ville détruite, mais presque sous le même parallèle, par 1°41′46″ de latitude australe.

Sur la plaine de Tapia, d'où nous partîmes le 22 juin pour notre expédition au Chimborazo, nous étions déjà à 2890 mètres au-dessus de la mer du Sud (89). Cette plaine forme une partie de la vallée qui sépare la Cordillère orientale, où s'élèvent les volcans actifs du Cotopaxi et du Tunguragua, de la Cordillère occidentale, sur laquelle sont situés les volcans éteints de l'Iliniza et du Chimborazo. Elle nous conduisit par une montée peu rapide jusqu'au pied du Chimborazo et au village indien de Calpi, où nous devions passer la nuit. Dans la vallée de Tapia, on rencontre, bien qu'en petit nombre, des Cactus et des Schinus molle qui ressemblent à nos saules pleureurs. Des Lamas au pelage bigarré y cherchent par milliers une maigre nourriture. A une telle hauteur, le rayonnement considérable du sol pendant la nuit, sous un ciel sans nuage, fait tort à l'agriculture, en refroidissant l'air et en faisant geler les récoltes. Avant d'arriver à Calpi, nous visitâmes Lican, réduit au-

jourd'hui à n'être plus qu'un village, mais qui, avant la conquête du pays par Tupac Yupanqui, le XI^e^ souverain de la dynastie des Incas, dont Garcilaso de la Vega vit encore, en 1559, le corps bien conservé dans les caveaux de Cuzco, était une ville considérable et le séjour du Conchocando ou prince du Puruay. Les indigènes pensent que le petit nombre de Lamas sauvages qui errent sur le versant occidental du Chimborazo sont issus des troupeaux qui furent dispersés après la destruction de l'ancienne ville de Lican, et sont revenus à l'état de sauvagerie primitive.

Tout près de Calpi, au nord-ouest de Lican, s'élève, dans la plaine aride, une petite colline isolée nommée Yana-Urcu ou la Montagne Noire, dont n'ont pas fait mention les Académiciens français, et qui, néanmoins est fort digne d'attention au point de vue géognostique. Cette colline est située au sud-sud-est du Chimborazo, à une distance de moins de 5 lieues; le plateau de Luisa seul la sépare de la montagne. Si l'on ne veut point admettre que le Yana-Urcu soit dû à une éruption latérale du Chimborazo, on ne peut douter du moins qu'il ne soit l'œuvre des forces souterraines qui, comprimées sous cette montagne colossale, ont cherché vainement une issue durant des milliers d'années. La colline est d'origine plus récente que la montagne en forme de cloche qu'elle avoisine. Le Yana-Urcu, en y joignant la colline de Naguangachi qui en est le prolongement septentrional, offre les contours d'un fer à cheval dont l'arc, plus grand qu'une demi-circonférence, est tourné vers

l'est. Le point d'où ont été lancées les scories noires qui sont répandues à l'entour est probablement placé au milieu du fer à cheval. Nous trouvâmes en ce lieu une dépression du sol en forme d'entonnoir, d'une profondeur de 120 pieds environ, au milieu de laquelle surgit une petite colline arrondie, dont la hauteur n'atteint pas celle de l'enceinte. On appelle proprement Yana-Urcu le point culminant qui domine au sud l'ancien bord du cratère, situé tout au plus à 400 pieds au-dessus du sol de Calpi ; Naguangachi est le nom de la colline moins élevée, qui forme la pente septentrionale du Yana-Urcu. L'ensemble de ces éminences rappelle, non par les roches qui les composent, mais par leur forme de fer à cheval, la colline un peu plus haute de Javirac (el Panicello de Quito), qui s'élève isolément au pied du Pichincha, dans la plaine de Turubamba, et qui est représentée à tort, sur la carte de la Condamine ou plutôt de Morainville, comme un cône parfait. D'après les traditions des indigènes et d'anciens manuscrits que prétendait posséder le cacique ou Apu de Lican, descendant des anciens Conchocandi, l'éruption du Yana-Urcu suivit immédiatement la mort de l'inca Tupac-Yupanqui, et tombe par conséquent au milieu du xv^{e} siècle. On raconte qu'un globe de feu ou une étoile précipitée du ciel enflamma la montagne. Des fables semblables, rattachant la chute des aérolithes aux éruptions volcaniques, sont répandues aussi parmi les races mexicaines (90).

La roche du Yana-Urcu est poreuse, d'un brun

foncé et souvent tout à fait noire. C'est une masse scorifiée que l'on peut confondre facilement avec du basalte poreux; mais l'olivine en est complétement absente. Les cristaux blancs fort rares que l'on y aperçoit sont extrêmement petits et formés vraisemblablement de labrador; j'ai vu aussi de la pyrite engagée çà et là dans la masse. L'ensemble forme un porphyre augitique noir, comme toute la formation du Chimborazo, dont il sera question plus tard, et à laquelle je ne saurais donner le nom de trachyte, attendu qu'elle ne contient à aucun degré le feldspath mêlé d'un peu d'albite, qui existe dans les Sept montagnes de Bonn. Les masses rocheuses du Yana-Urcu, scorifiées et transformées par une flamme ardente, sont extrêmement légères; le volcan n'a point rejeté cependant de pierre ponce proprement dite. L'éruption s'est faite à travers une masse de dolérite grise et irrégulièrement stratifiée, qui forme le sol du plateau, et ressemble à la roche de Penipe, située au pied du volcan de Tungaragua, qui a rompu des couches de syénite et de schiste micacé grenatifère. Sur la pente orientale du Yana-Urcu, ou plutôt au pied de la colline, du côté de Lican, les indigènes nous conduisirent vers un rocher en saillie dans lequel est pratiquée une ouverture ressemblant à l'entrée d'une galerie écroulée. Près de ce rocher et déjà même à une distance de 10 pieds, on entend un bruit violent, accompagné d'un courant d'air ou de vents souterrains. Le courant d'air est beaucoup trop faible pour produire à lui seul tout le

bruit; il faut nécessairement supposer un ruisseau souterrain qui tombe dans une cavité plus profonde, et par sa chute met l'air en mouvement. Dans cette pensée, un moine, curé à Calpi, avait depuis longtemps adapté des conduits à une crevasse, pour amener l'eau dans son village : la dureté de la roche noire augitique a vraisemblablement interrompu le travail.

Le Chimborazo, malgré la masse énorme de neige qui le recouvre, ne déverse dans la plaine que de minces filets d'eau, d'où il est permis de conclure que la plus grande partie de la neige fondue s'écoule à travers des cavités dans l'intérieur de la montagne. Dans le village même de Calpi, on entendait autrefois un grand bruit sous une maison qui n'avait pas de caves. Avant l'effroyable tremblement de terre du 4 février 1797, un ruisseau jaillit sur un point situé au-dessus du village, dans la direction du sud-ouest; plusieurs Indiens supposèrent que ce devait être une partie de la masse d'eau qui coule sous le Yana-Urcu. Depuis le tremblement de terre, le ruisseau a disparu.

Après avoir passé la nuit à Calpi, élevé, d'après mes mesures barométriques, de 3157 mètres au-dessus de la mer, nous commençâmes, à proprement parler, notre ascension du Chimborazo le 23 au matin. Nous cherchâmes à attaquer la montagne du côté du sud-sud-est; les Indiens qui nous servaient de guides, mais dont très-peu étaient déjà parvenus jusqu'à la limite des neiges éternelles, déclaraient que cette direction était la meilleure. Nous reconnûmes

que le Chimborazo est entouré de grandes plaines superposées en amphithéâtre. D'abord, nous traversâmes les Llanos de Luisa, situés à 3300 mètres de hauteur; puis après avoir gravi une pente rapide, dont la surface inclinée n'a guère plus de 1600 mètres de long, nous arrivâmes sur le plateau ou Llano de Sisgun, élevé de 3800 mètres. Ces plaines couvertes de Graminées atteignent par conséquent, l'une le point culminant des Pyrénées, le pic Néthou, l'autre la cime dû volcan de Ténériffe. Toutes deux sont parfaitement horizontales, et il est vraisemblable que les eaux durent y séjourner longtemps; on croit voir le lit d'un lac desséché. Sur les flancs des Alpes helvétiques, on remarque aussi çà et là de petites plaines disposées en gradins, qui semblent avoir servi de bassins à des lacs, et sont aujourd'hui unies entre elles par d'étroits passages. Les vastes savannes du Chimborazo, comme celles qui entourent toutes les hautes cimes des Cordillères, ont un aspect tellement uniforme que les Graminées, entre lesquelles on remarque des espèces de Paspalum, d'Andropogon, de Bromus, de Dejeuxia, de Stipa, sont rarement interrompues par quelques dicotylédones herbacées. Cette nature ressemble à celle des steppes que j'ai visitées dans les contrées arides de l'Asie septentrionale. La flore du Chimborazo nous a paru en général moins riche que celle des autres montagnes neigeuses voisines de Quito. Quelques Calcéolaires, des Composées telles que le Bidens, l'Eupatorium, le Dumerilia paniculata, le Werneria nubigena et des Gentianes,

parmi lesquelles se détachent les fleurs pourprées du Gentiana cernua, s'élèvent seules sur le plateau de Sisgun, au milieu des Graminées sociales, qui pour la plupart appartiennent aux espèces du nord de l'Europe. Dans cette région des Graminées alpestres, c'est-à-dire sur des hauteurs de 3100 à 3800 mètres, la température de l'air oscille, le jour entre 4° et 16° centigrades, la nuit entre 0° et 10°. D'après toutes les observations que j'ai réunies dans le voisinage de l'équateur, la température moyenne annuelle, à 3500 mètres, est d'environ 9°; c'est aussi la température des pays plats de la zone tempérée, celle par exemple de Lunebourg, située par 53° 15'; mais s'il s'agit de distribuer cette chaleur entre les différents mois, et c'est là précisément le point essentiel pour déterminer le caractère de la végétation, la répartition, dans cette ville, est tellement inégale que la température moyenne est, au mois de février, de — 1°,8, au mois de juillet, de + 18°.

Je me préparais à tracer une base trigonométrique dans la belle plaine de Sisgun, qui, en raison de sa surface parfaitement horizontale, me paraissait bien choisie pour y établir mes opérations. La proximité du Chimborazo rendait les angles de hauteur très-facilement appréciables. Il me restait encore à mesurer une hauteur verticale de moins de 2730 mètres, environ la hauteur du Canigou dans les Pyrénées; car pour arriver à évaluer la hauteur des énormes montagnes qui dominent les Cordillères, il faut nécessairement combiner les mesures barométriques

avec les calculs trigonométriques. Je m'étais pourvu en vain du sextant et des autres instruments de mesure; la cime du Chimborazo resta obstinément cachée dans d'épais brouillards. De la plaine de Sisgun une montée assez rapide conduit à un petit lac alpestre, appelé laguna de Yana-Cocha. Jusque-là j'étais resté à dos de mulet, et j'en étais descendu seulement de temps à autre pour recueillir des plantes avec mon compagnon M. Bonpland. La laguna de Yana-Cocha ne mérite pas le nom de lac; c'est un bassin circulaire dont le diamètre ne dépasse pas 120 pieds. Le ciel s'assombrissait de plus en plus; pourtant, dans l'intervalle et au-dessus des couches de brouillard, l'œil distinguait encore facilement des groupes de nuages disséminés. La cime du Chimborazo apparut pour quelques instants. Comme il était tombé beaucoup de neige la nuit précédente, je quittai mon mulet à l'endroit où commençait la neige nouvellement tombée, limite que l'on ne doit pas confondre avec celle des neiges éternelles. En ce moment, le baromètre nous avertissait que nous étions arrivés à une hauteur de 4380 mètres. Sur d'autres montagnes également voisines de l'équateur, j'ai vu la neige tomber à partir de 3640 mètres, mais jamais au-dessous. Mes compagnons, Bonpland et Carlos Montufar, restèrent à cheval jusqu'à la ligne des neiges perpétuelles, c'est-à-dire jusqu'à la hauteur du Mont-Blanc, qui, sous la latitude où nous étions (1° 27'), ne serait point, comme on sait, constamment couvert de neiges. Arrivés à ce point,

nous laissâmes nos chevaux et nos mulets pour les reprendre au retour.

A 900 pieds au-dessus du petit bassin de Yana-Cocha, nous vîmes enfin la roche nue se dresser devant nous. Jusque-là les Graminées qui recouvraient le sol l'avaient dérobé à tout examen géognostique. De grands murs, dirigés du nord-est au sud-ouest, et dont une partie est divisée en colonnes fort irrégulières, s'élevaient au-dessus de la couche des neiges éternelles. Ces roches sont formées d'une augite d'un brun noir et brillante comme du porphyre rétinitique. Les colonnes étaient fort grêles, hautes de 30 à 60 pieds, et ressemblaient aux colonnes trachytiques du Tablahuma, l'une des éminences du Pichincha. Un certain nombre de ces colonnes, groupées isolément, faisaient dans le lointain l'effet de mâts et de troncs d'arbres. Les murs de rocher nous conduisirent, à travers la région neigeuse, à une arête étroite, dirigée vers la cime de la montagne, et qui seule nous permit d'aller en avant, car la neige était alors si peu consistante qu'on osait à peine y poser le pied. Cette arête était formée d'une roche très-décomposée et friable; souvent même elle renfermait des vacuoles comme les amygdaloïdes basaltiques.

Le sentier devenait toujours plus étroit et plus escarpé. Les indigènes qui nous servaient de guides nous abandonnèrent tous jusqu'au dernier, à la hauteur de 5070 mètres; les prières et les menaces furent inutiles; ils prétendaient souffrir plus que nous de la suffocation. Nous restâmes seuls, Bonpland, notre

cher Carlos Montufar, un métis du village de San-Juan et moi. A force de patience et de peine, nous arrivâmes plus haut que nous n'en avions l'espérance, au milieu des brouillards qui le plus souvent nous enveloppaient tout entiers. La *cuchilla*, c'est-à-dire suivant la dénomination expressive des Espagnols, le dos de couteau sur lequel nous marchions, n'avait souvent pas plus de 8 à 10 pouces de large. A gauche, la pente, inclinée de 30° et couverte de neige durcie par la gelée, était unie comme un miroir; à droite, le regard ne pouvait plonger sans effroi dans un abîme de 800 à 1000 pieds de profondeur, d'où s'élevaient perpendiculairement des rochers dépourvus de neiges. Nous marchions cependant le corps penché de ce côté. Le danger nous paraissait plus redoutable encore à gauche, parce qu'il n'y avait pas même la ressource de se tenir avec les mains aux aspérités de la roche, et que la couche de glace qui recouvrait la neige ne nous eût certainement pas empêchés de nous y enfoncer. Des fragments poreux de dolérite étaient seuls assez légers pour rouler, sans l'entamer, sur cette mince écorce, et telle était l'étendue de la surface neigeuse que nous perdions de vue les pierres, avant qu'elles ne s'arrêtassent.

L'absence de neige sur l'arête que nous suivions et sur les roches qui s'élevaient à notre droite, du côté de l'est, doit être moins attribuée à l'escarpement du sol et à l'effet du vent qu'aux crevasses béantes, à travers lesquelles monte l'air chaud des couches plus profondes. Bientôt la roche devint beau-

coup plus friable, et l'ascension d'autant plus difficile. En quelques endroits, la pente était tellement roide qu'il fallait s'aider des pieds et des mains, ainsi que cela arrive d'ailleurs dans toutes les excursions de montagnes. Les arêtes de la roche étaient très-vives, et nous nous blessâmes souvent, surtout aux mains. J'avais ressenti plus douloureusement encore ce genre de souffrances, avec Léopold de Buch, au milieu de l'obsidienne qui abonde sur le pic de Ténériffe; mais depuis quelques semaines, s'il est permis à un voyageur d'entrer dans ces menus détails, j'avais au pied une blessure causée par des Niguas (Pulex penetrans) amassés sous la peau, et que la poussière de pierre ponce avait singulièrement enveminée, pendant que je prenais des mesures dans le Llano de Tapia (91). Le peu de consistance de la roche nous forçait à être de plus en plus circonspects; nous ne pouvions nous apercevoir, sous le sable qui les recouvrait, que des quartiers qui semblaient adhérer à la masse en étaient en réalité détachés. Nous marchions les uns derrière les autres et très-lentement, forcés d'éprouver chaque place qui nous inspirait quelque défiance. Heureusement cette tentative pour atteindre la cime du Chimborazo était notre dernière excursion dans les montagnes de l'Amérique du Sud, et nous avions déjà amassé un fonds d'expérience suffisant pour nous guider et nous donner un peu plus de confiance dans nos forces. C'est le caractère propre de toutes les ascensions dans la chaîne des Andes, que les voyageurs de race

blanche se trouvent nécessairement, au-dessus de la limite des chaînes éternelles, dans les situations les plus perplexes, sans aucune connaissance des lieux et sans personne pour les conduire. Où que l'on soit, on est sûr d'y être venu le premier.

Par moments nous ne pouvions plus apercevoir la cime du Chimborazo, et nous étions d'autant plus désireux de savoir la hauteur qui nous restait à gravir. Nous ouvrîmes le baromètre à cuvette dans un endroit où la largeur de l'arête permettait à deux personnes de se tenir sans danger à côté l'une de l'autre. Nous nous trouvions alors à 5620 mètres de hauteur; c'était 65 mètres tout au plus au-dessus du point que nous avions atteint trois mois auparavant sur l'Antisana, en gravissant une arête semblable à celle-ci. Il en est des déterminations de hauteur, dans les ascensions de montagnes, comme des déterminations de température, dans les chaleurs de l'été : on s'aperçoit toujours avec regret que le thermomètre monte moins haut, que le baromètre descend moins bas qu'on ne s'y était attendu. Comme l'air, malgré la hauteur, était saturé d'humidité, les fragments de roche et le sable qui en recouvraient les intervalles étaient très-mouillés. L'air était encore à 2°,8 au-dessus de zéro. Peu de temps auparavant, nous avions trouvé un endroit sec où nous avions pu enterrer le thermomètre à 3 pouces sous le sable; il avait marqué 5°,8. Le résultat de cette expérience, faite à 5570 mètres environ, est très-digne de remarque; car il a été constaté, à la suite de nom-

breuses observations recueillies par Boussingault et par moi, que déjà, 780 mètres plus bas, à la limite des neiges éternelles, la température moyenne de l'atmosphère est seulement de + 1°,6. Il faut donc attribuer le chiffre de + 5°,8, pour la température de la terre, à la chaleur souterraine de la montagne de dolérite, non pas à la chaleur de la masse entière, mais aux courants d'air qui s'élèvent de l'intérieur.

Après une heure passée à gravir avec précaution la même arête de rocher, la pente devint moins rapide, mais, hélas! le brouillard demeura toujours aussi épais. Peu à peu nous commençâmes à éprouver tous un vif malaise; le mal de cœur, accompagné d'une sorte de vertige, nous faisait souffrir beaucoup plus que la difficulté de respirer. Un métis du village de San Juan, paysan pauvre et robuste, qui avait voulu nous suivre jusqu'au bout par pur dévouement et sans aucune vue d'intérêt, était plus mal à l'aise encore que nous. Nous saignions tous des gencives et des lèvres; tous aussi nous avions la *tunica conjunctiva* des yeux injectée de sang. Ces symptômes d'extravasion et de suintement ne pouvaient d'ailleurs nous inquiéter beaucoup, puisque nous les avions déjà éprouvés plusieurs fois. En Europe, M. Zumstein avait commencé à saigner, sur le Monte-Rosa, à une hauteur beaucoup moins considérable. Les Espagnols, lors de la conquête de l'Amérique équinoxiale, ne dépassèrent pas la limite des neiges éternelles, et ne s'élevèrent pas par conséquent beaucoup au delà du Mont-Blanc; cependant Acosta,

dans son *Historia natural de las Indias*, espèce de description physique de la terre qui, pour le XVI^e^ siècle, peut être considérée comme un chef-d'œuvre, parle en détail des crampes d'estomac et d'autres douleurs, qu'il signale comme les symptômes du mal de montagnes, analogue au mal de mer. Sans saigner, j'ai senti une fois, dans mon expédition au Pichincha, sur un mur de rocher qui domine la crevasse de Verde-Cuchu, un si violent mal d'estomac, accompagné de vertige, que mes compagnons, dont je m'étais séparé, pour me livrer dans un emplacement favorable à des expériences électrométriques, me retrouvèrent étendu sans connaissance. L'élévation cependant était peu considérable et inférieure à 4600 mètres ; mais sur l'Antisana, à la hauteur de 5530 mètres, notre jeune compagnon Carlos Montufar saigna abondamment des lèvres.

Tous ces accidents diffèrent beaucoup suivant l'âge, la constitution, la délicatesse ou la dureté de la peau et suivant la dépense de force musculaire que l'on a pu faire auparavant. Ils fournissent cependant aux voyageurs un moyen de mesurer, chacun de son côté, la rareté de l'air et la hauteur à laquelle on est parvenu. D'après les observations que j'ai faites dans les Cordillères, les symptômes commencent à se manifester sur les hommes blancs au moment où le baromètre marque de 15 pouces 10 lignes à 14 pouces. On sait que les indications des hauteurs auxquelles les aéronautes prétendent s'être élevés, méritent en général peu de confiance ; si un obser-

vateur dont on ne peut mettre en doute l'exactitude ni la bonne foi, M. Gay-Lussac, atteignit sans saigner, le 16 septembre 1804, l'immense hauteur de 7000 mètres, c'est-à-dire un point intermédiaire entre la cime du Chimborazo et celle de l'Aconcagua, cela peut tenir à l'absence de tout mouvement musculaire. D'après l'état actuel de l'eudiométrie, il paraît que l'air n'est pas moins riche en oxygène dans les hautes régions que dans les régions inférieures ; mais comme au milieu de ces couches raréfiées, où la pression atmosphérique est réduite à la moitié de celle qui pèse ordinairement sur nous dans les plaines, une moindre quantité d'oxygène est absorbée par le sang à chaque aspiration, on conçoit qu'il en résulte un sentiment général de faiblesse. Pourquoi cette asthénie et l'espèce de vertige qui l'accompagne produisent-elles surtout l'envie de vomir? Ce n'est point ici le lieu de traiter cette question, non plus que de montrer que le suintement du sang qui s'échappe des lèvres, des gencives et des yeux, et que tout le monde d'ailleurs n'éprouve pas, ne peut s'expliquer d'une manière satisfaisante par la diminution d'une pression mécanique pesant sur le système vasculaire. Il serait probablement plus conforme à la vérité d'expliquer ce phénomène par ce que l'insuffisance de la pression atmosphérique peut ajouter, dans les hautes régions, à la fatigue de la marche, puisque, d'après la remarquable découverte de deux naturalistes distingués, Guillaume et Édouard Weber, la jambe, lorsqu'elle

est suspendue en l'air, n'est supportée et maintenue que par la pression atmosphérique (92).

Bien qu'aucun vent ne soufflât, le voile de brouillard qui nous empêchait de voir les objets éloignés sembla se déchirer tout à coup, peut-être par l'effet de phénomènes électriques. Nous pûmes de nouveau et de très-près contempler la cime arrondie du Chimborazo. Ce fut un spectacle grave et sublime. L'espérance d'atteindre le but de nos désirs ranima nos forces. L'arête du rocher, qui n'était couverte que de flocons de neige épars çà et là, devenait un peu plus large ; nous avancions d'un pas plus sûr, lorsque tout à coup une fondrière, qui pouvait avoir 400 pieds de profondeur et 60 pieds de diamètre, vint opposer à notre entreprise un obstacle infranchissable. Au delà, nous voyions clairement notre rocher qui se prolongeait dans la même direction ; je doute cependant qu'il eût pu nous conduire jusqu'à la cime de la montagne. Il n'y avait pas possibilité de tourner l'abîme ; dans son ascension de l'Antisana, M. Bonpland avait bien pu, après une nuit froide, être porté par la neige sur un espace considérable ; mais ici le peu de consistance de la masse ne permettait pas de tenter ce moyen, et la forme de l'abîme en rendait la descente impossible. Il était une heure ; nous examinâmes avec grand soin le baromètre : il marquait 13 pouces 11 lignes et 2/10. La température de l'air était à 1°,6 au-dessous de zéro ; mais après un séjour de plusieurs années dans les contrées les plus chaudes des tropiques, nous nous trouvions transis de froid. De

plus, nos chaussures étaient trempées d'eau, car le sable qui çà et là recouvrait l'arête que nous avions suivie était mêlé d'un reste de vieille neige. D'après la formule barométrique de Laplace, nous avions atteint une hauteur de 5878 mètres, ou plus exactement 18096 pieds. En admettant pour la hauteur totale du Chimborazo l'évaluation de la Condamine, telle qu'elle est gravée sur la table de pierre, conservée dans le Collége des Jésuites à Quito, il nous restait encore, pour atteindre la cime, à gravir 1224 pieds de hauteur verticale, c'est-à-dire trois fois la hauteur de l'église Saint-Pierre de Rome.

La Condamine et Bouguer disent expressément qu'ils n'ont pas dépassé, sur le Chimborazo, la hauteur de 14400 pieds; mais sur le Corazon, l'un des nevados les plus pittoresques qui existent aux environs de Quito, ils affirment avoir vu le baromètre se soutenir à 15 pouces 10 lignes, et ils ajoutent : « Personne n'a vu le baromètre si bas dans l'air libre (93). » Sur la partie du Chimborazo où nous étions arrêtés, la pression de l'air était plus faible encore de près de 2 pouces; elle était même inférieure à celle que seize ans plus tard, en 1818, le capitaine Gérard a mesurée sur le Tarhigang, dans la chaîne de l'Himalaya. En Angleterre, je suis resté pendant près d'une heure dans une cloche à plongeur, soumis à une pression atmosphérique de 45 pouces. Ainsi, les variations barométriques auxquelles l'organisation humaine est susceptible de se plier peuvent monter ou descendre une échelle de 31 pouces. Il

est probable cependant que la constitution de la race humaine finirait par se modifier singulièrement, si ces termes extrêmes de raréfaction ou de condensation de l'air devenaient permanents, à la suite de grands événements qui viendraient changer la face du monde.

Nous restâmes peu de temps dans cette sombre solitude ; le brouillard nous avait enveloppés de nouveau, et l'immobilité de l'air ne permettait pas de reconnaître la direction que pouvaient suivre ces groupes condensés de vapeurs vésiculaires. Aussi je ne saurais dire si, dans ces régions, règne le vent d'ouest, opposé aux vents alisés des tropiques, qui souffle si souvent sur le pic de Ténériffe. Nous ne voyions plus la cime du Chimborazo, non plus qu'aucune des montagnes neigeuses qui nous entouraient, et moins encore la haute plaine de Quito. Nous nous trouvions isolés comme dans un ballon. Quelques Lichens de roche nous avaient seuls suivis au-dessus de la limite des neiges éternelles. Les derniers cryptogames que je recueillis étaient le Lecidea atrovirens (Lichen geographicus, Web.) et une nouvelle espèce du Gyrophora d'Acharius, le Gyrophora rugosa ; j'étais alors à 5500 mètres environ. La dernière mousse, le Grimnia longirostris, végétait 800 mètres plus bas. M. Bonpland avait attrapé un papillon du genre Sphinx à 4880 mètres de hauteur ; nous aperçûmes une mouche 520 mètres plus haut ; mais ces êtres s'étaient évidemment élevés malgré eux dans ces hautes régions de l'atmosphère, avec les courants

d'air qui montent des plaines chauffées par le soleil. Le fait suivant en est la preuve : Lorsque Boussingault gravit la Silla de Caracas, pour mesurer après moi la montagne, il vit au milieu du jour, sur une hauteur de 8000 pieds, par le vent d'ouest qui règne souvent dans ces régions, de petits corps blanchâtres qui de temps en temps sillonnaient l'air. D'abord il prit ces corps pour des oiseaux dont le plumage blanc reflétait la lumière du soleil. Ils s'élevaient rapidement de la vallée de Caracas, dépassaient la cime de la Silla dans la direction du nord-est, et vraisemblablement étaient portés jusqu'à la mer ; quelques-uns cependant retombaient sur la pente méridionale de la Silla. C'étaient des brins d'herbes réunis en pelotons et éclairés par le soleil. Boussingault m'en envoya à Paris, dans une lettre, qui avaient encore leurs épis, et Kunth, mon collaborateur et mon ami, les eut à peine vus qu'il les reconnut pour le Wilfa tenacissima, qui croît dans la vallée de Caracas, et qu'il avait précisément décrit dans notre *Nova Genera et Species Plantarum Americæ æquinoctialis*. Je dois encore remarquer que nous ne rencontrâmes sur le Chimborazo aucun de ces puissants Vautours ou Condors qui sont en très-grand nombre sur l'Antisana et le Pichincha, et montrent tant de hardiesse, sans se soucier de l'homme qu'ils ne connaissent pas. Le Condor aime à se tenir dans les régions sereines de l'air, afin de reconnaître plus facilement sa proie des hauteurs où il plane ; toutefois il donne la préférence aux cadavres sur les animaux vivants.

Le temps s'assombrissait de plus en plus; nous nous hâtâmes de redescendre l'arête de rocher qui avait favorisé notre ascension. Les précautions étaient plus nécessaires encore en descendant qu'en montant. Nous ne nous arrêtâmes que le temps nécessaire pour recueillir quelques fragments de roches. Nous prévoyions qu'on nous demanderait souvent en Europe un petit morceau du Chimborazo. Il n'y avait point encore dans toute l'Amérique méridionale une seule roche qui eût reçu un nom; on confondait sous le nom de granite toutes les hautes cimes des Cordillères. Lorsque nous eûmes redescendu 225 mètres environ, la grêle commença à tomber violemment; les grains étaient opaques, blancs comme le lait, et formés de couches concentriques; quelques-uns paraissaient fort aplatis par l'effet de la rotation. Vingt minutes avant d'atteindre la limite inférieure des neiges éternelles, la neige succéda à la glace; les flocons étaient tellement pressés qu'ils formèrent bientôt sur l'arête de rocher une couche épaisse de plusieurs pouces. Nous eussions certainement été fort exposés, si la neige nous eût surpris à la hauteur de 18000 pieds. A deux heures et quelques minutes, nous avions rejoint nos mulets. Nous retrouvâmes les naturels que nous avions laissés en arrière plus inquiets qu'ils n'étaient tenus de l'être.

Nous n'étions restés que trois heures et demie au-dessus de la ligne des neiges, et pendant ce temps, malgré la raréfaction de l'air, nous n'avions point senti le besoin de nous asseoir. A cette limite, c'est-

à-dire à 4795 mètres de hauteur, le sommet en forme de dôme du Chimborazo a, dans son épaisseur, un diamètre de 6700 mètres; à 900 pieds au-dessous du point extrême de la cime, le diamètre est encore de 1810 mètres. Ce dernier chiffre peut représenter par conséquent l'épaisseur du dôme, et celui de 6700 mètres l'épaisseur de la montagne, à la hauteur où, de la Nouvelle-Riobamba, on découvre toute la masse neigeuse, que l'on peut voir représentée, avec les deux dômes inférieurs qui la flanquent du côté du nord, dans mon Atlas des *Vues des Cordillères* (94). Placé dans la plaine de Tapia, j'ai mesuré soigneusement avec le sextant les détails du contour de la montagne, telle qu'elle se déploie dans sa magnificence, par une belle journée, sous l'azur du ciel tropical. Ces déterminations nous servirent à évaluer le volume de la masse qui dépasse la plaine dans laquelle Bouguer tenta de reconnaître l'attraction exercée sur le pendule par le voisinage de cette gigantesque montagne (95). Un géognoste distingué, M. Pentland, auquel nous devons de connaître le plateau de Titicaca, et qui a visité deux fois la Bolivie, muni d'excellents instruments d'astronomie et de physique, m'a assuré que mon dessin du Chimborazo se trouve presque conforme au nevado de Chuquibamba, montagne trachytique située dans la Cordillère occidentale, au nord d'Orequipa, et qui atteint la hauteur de 6390 mètres. Après la chaîne de l'Himalaya, c'est en ces lieux, entre le 15e et le 18e degré de latitude australe, qu'existe le plus grand renflement connu de

la surface terrestre, tant pour le nombre que pour la masse énorme des montagnes. Je parle ici, non pas du renflement qui résulte de la forme primitive et de la rotation du sphéroïde terrestre, mais du soulèvement des chaînes de montagnes et des dômes de dolérite, de trachyte et d'albite qui s'élèvent isolément au-dessus de ces chaînes.

La neige fraîchement tombée avait abaissé la limite apparente des neiges éternelles, momentanément confondues avec la neige sporadique qui s'était amoncelée sur la roche nue ou recouverte de Lichens, et dans la savane ou Pajonal. Il était cependant facile de reconnaître, à l'épaisseur des couches et à des caractères particuliers, la limite réelle des neiges éternelles, qui sur le Chimborazo est à 4815 mètres. J'ai montré, dans un Mémoire intitulé *Recherches sur les causes des inflexions des lignes isothermes*, et ajouté à la troisième partie de l'*Asie centrale*, que d'après l'ensemble de mes observations, l'oscillation de la ligne des neiges éternelles, sur les différents nevados de la province de Quito, n'est que de 228 pieds ou 74 mètres (96), et que la hauteur moyenne de cette ligne est de 4823 mètres, tandis qu'entre le 16° et le 18° degré de latitude australe, dans la Bolivie, elle s'élève jusqu'à 5194 mètres, ce qui doit être attribué au rapport de la température moyenne annuelle avec la température moyenne des mois les plus chauds, à l'étendue de la masse montagneuse, à la hauteur considérable des plateaux environnants d'où rayonne de la chaleur, à la sécheresse de l'atmosphère, et à

ce fait, qu'il ne tombe absolument pas de neige du mois de mars au mois de novembre (97). Ainsi, par une exception singulière aux lois générales, la limite des neiges éternelles, qui ne coïncide nullement avec la courbe isotherme de 0°, s'élève au lieu de s'abaisser, à mesure que l'on s'éloigne de l'équateur. C'est aussi par l'effet du rayonnement de la chaleur dans les plateaux environnants que, sur la pente septentrionale de l'Himalaya qui appartient au Thibet, entre 30° 3/4 et 31° de latitude boréale, la limite des neiges est à 5070 mètres de hauteur, tandis qu'elle ne dépasse pas 3800 mètres, sur le versant méridional qui fait face à l'Inde. Telle est l'influence exercée par la conformation de la surface terrestre, qu'une partie considérable de l'Asie centrale, située en dehors des tropiques, est habitée par des peuples agriculteurs et civilisés, bien que vivant sous le régime monacal, à des hauteurs où, dans les régions équinoxiales de l'Amérique, le sol est couvert de glaces éternelles (98).

Nous reprîmes notre route vers le village de Calpi, situé un peu plus au nord que les Llanos de Sisgun, en traversant la riche végétation du Paramo de Pungupala. A cinq heures du soir, nous étions de retour chez l'hospitalier curé de Calpi. Comme d'habitude, le brouillard qui avait contrarié notre expédition fut suivi du plus beau temps. Le 25 juin, le Chimborazo se découvrit aux habitants de Riobamba nuevo dans toute sa magnificence, avec cette grandeur calme et imposante qui est le caractère naturel de tous les

paysages sous les tropiques ; mais l'abîme qui nous avait arrêtés eût rendu une seconde tentative pour atteindre la cime de cette montagne aussi infructueuse que la première, et déjà j'étais occupé à mesurer trigonométriquement le volcan de Tunguragua.

Le 16 décembre 1831, Boussingault, accompagné de son ami le colonel anglais Hall, qui bientôt après fut assassiné à Quito, tenta à son tour d'atteindre la cime du Chimborazo, d'abord par Chillapullu et Mocha, puis par l'Arenal, en suivant par conséquent une route différente de celle que j'avais prise avec Bonpland et Carlos Montufar. Il fut forcé de s'arrêter au moment où le baromètre marquait 13° 8 lig. 1/2, par la température de + 7°,8. La colonne de mercure était, sans correction, de 3 lignes plus basse que je ne l'avais vue, et Boussingault s'était élevé à 126 mètres au-dessus de moi, à 6004 mètres de hauteur absolue. Écoutons parler lui-même ce voyageur si familier avec la chaîne des Andes, et qui, le premier, a osé transporter des appareils chimiques sur les bords et dans l'intérieur des cratères : « Le chemin que, dans la dernière partie de notre expédition, nous nous frayions à travers la neige ne nous permettait d'avancer qu'avec beaucoup de précaution. A droite, nous pouvions nous appuyer sur un rocher, mais à gauche la pente était effrayante, et avant de nous engager plus avant, nous commençâmes à bien nous familiariser avec le précipice. Nous ressentions déjà plus que nous ne l'avions jamais éprouvé l'effet de la raréfaction de l'air. Nous étions forcés

de nous arrêter tous les deux ou trois pas, et souvent même de nous coucher pendant quelques secondes. Une fois assis, nous nous remettions à l'instant même ; notre souffrance n'avait lieu que pendant le mouvement. La neige présenta bientôt une circonstance qui rendit notre marche aussi lente que dangereuse ; il n'y avait guère que trois ou quatre pouces de neige molle ; au-dessous se trouvait une glace très-dure et glissante, dans laquelle nous fûmes forcés de faire des entailles, afin d'assurer nos pas. Un nègre allait en avant pour pratiquer des échelons ; ce travail l'épuisait en un moment. En voulant passer devant lui pour le relever je glissai, quand, heureusement pour moi, je fus retenu avec force par mes deux compagnons. Pendant un instant, nous courûmes tous trois un grand danger ; plus loin la neige devint plus favorable ; nous fîmes un dernier effort, et à une heure trois quarts, nous étions sur l'arête si désirée... Cette arête avait à peine quelques pieds de largeur ; de toutes parts nous étions environnés de précipices. Nous fûmes bientôt convaincus qu'il était impossible d'aller plus loin. Nous nous trouvions au pied d'un prisme de trachyte dont la base supérieure, recouverte d'une coupole de neige, forme le sommet du Chimborazo... Pour se faire une idée assez nette de la topographie du Chimborazo, qu'on se figure un immense rocher soutenu de tous côtés par des arcs-boutants ; les arêtes sont les arcs-boutants qui, de la plaine, semblent s'appuyer sur cet énorme bloc pour l'étayer. » En songeant au danger

que courut Boussingault, on ne saurait s'empêcher de penser que le peu de bénéfice qui peut résulter pour la science de semblables expéditions eût été infiniment trop payé par la perte d'un tel physicien.

Il y a trente ans, j'exprimais le vœu que la hauteur du Chimborazo fût de nouveau mesurée trigonométriquement, et aujourd'hui la même incertitude règne encore sur le résultat absolu. Don Jorge Juan et les Académiciens français, par des combinaisons diverses des mêmes éléments ou du moins à la suite d'opérations analogues, ont obtenu 6587 et 6270 mètres : différence 317 mètres ou 1/20. Le résultat de mes calculs trigonométriques (6529 mètres) est intermédiaire et se rapproche, à 1/112 près, de l'évaluation de Don Jorge Juan. Le résultat plus faible de Bouguer tient en partie du moins à ce qu'il avait abaissé le sol de la ville de Quito de 60 à 80 mètres au-dessous de sa hauteur réelle. Il avait en effet trouvé pour cette ville, en s'en tenant aux anciennes formules barométriques et sans corriger l'effet de la température, 2850 mètres, au lieu des chiffres concordants de 2937 et 2908 que Boussingault et moi avons constamment obtenus. La hauteur que je donne à la plaine de Tapia, où je mesurai une base de 1700 mètres, paraît aussi devoir être suffisamment exacte (99). Le chiffre auquel je suis arrivé (2888 mètres), se rapproche fort de celui qu'a trouvé Boussingault (2867 mètres) à une époque de l'année différente, où par conséquent le décroissement de la température dans les différentes couches de l'atmosphère

suivait une autre proportion. Bouguer s'était livré à des opérations très-compliquées, forcé qu'il était de déterminer l'élévation de la plaine comprise entre la Cordillère orientale et la Cordillère occidentale, en mesurant, d'un point de la côte voisin de Niguas, les très-petits angles de hauteur de la pyramide trachytique d'Ilinissa. De toutes les grandes montagnes, celle pour laquelle les évaluations concordent le plus exactement est le Mont-Blanc; l'écart n'est que de 1/246. A l'aide de quatre séries différentes de triangles, tracés par un excellent observateur, l'astronome Carlini, on a trouvé, pour la hauteur du Monte-Rosa, 4520, 4566, 4583 et 4617 mètres; Oriani, par le même procédé de triangulation, est arrivé à 4648 mètres; la différence entre les deux nombres extrêmes est de 1/36. J'ai trouvé la première mention détaillée du Chimborazo dans une Relation d'un voyageur spirituel et un peu satirique, Girolamo Benzoni, qui fut imprimée en 1565. Il dit que la Montagna di Chimbo, haute de 40 miglia, lui fit un effet fantastique et lui apparut « come una visione. » Les naturels de Quito savaient, longtemps avant l'arrivée des Académiciens français, que le Chimborazo est le point culminant de toute la région environnante; ils voyaient la cime de cette montagne plus élevée qu'aucune autre au-dessus de la limite des neiges éternelles. C'était aussi d'après le témoignage de leurs yeux qu'ils avaient jugé le Capac-Urcu, aujourd'hui décapité, plus élevé encore que le Chimborazo (100).

Quant à la constitution géognostique du Chimbo-

razo (1), je n'ajouterai plus qu'une seule observation générale. Si, d'après les importants résultats consignés par Léopold de Buch dans son Mémoire classique sur les cratères de soulèvement et les montagnes volcaniques (2), on ne doit appeler trachytes que les roches contenant du feldspath, andésites que les roches contenant de l'albite, la roche du Chimborazo ne mérite ni l'un ni l'autre de ces noms. Cet éminent géologue avait déjà fait la remarque, il y a plus de vingt ans, lorsque je le priai d'examiner, au point de vue oryctognostique, les échantillons que j'avais rapportés de la chaîne des Andes, que la hornblende est remplacée sur le Chimborazo par l'augite. J'ai signalé ce fait en plusieurs passages de mon *Essai géognostique sur le gisement des Roches dans les deux Hémisphères*, publié en 1823. De plus, un autre géologue, mon compagnon de voyage en Sibérie, et qui, par son excellent travail sur les différents feldspaths et sur leur association avec l'augite et la hornblende, a frayé une voie nouvelle aux analyses géognostiques, Gustave Rose, n'a trouvé dans tous les fragments que j'ai recueillis sur le Chimborazo ni albite ni feldspath proprement dit. Toute la formation de cette cime célèbre se compose de labrador et d'augite, reconnaissables l'un et l'autre à des cristaux nettement dessinés. Le Chimborazo, d'après les nomenclatures de Gustave Rose, est un porphyre augitique, une espèce de dolérite. On n'y trouve non plus ni obsidienne, ni pierre ponce. La présence de la hornblende n'a été constatée que

par exception et en très-petite quantité; deux de mes échantillons seulement en portaient la trace. De tout cela il résulte, conformément aux conclusions de Léopold de Buch et d'Élie de Beaumont, que la composition géognostique du Chimborazo est analogue à celle de l'Etna. Près des ruines de l'ancienne ville de Riobamba, à cinq lieues vers l'est du Chimborazo, il existe déjà de vrai porphyre dioritique, formé par le mélange de hornblende noire sans augite et d'albite blanche vitreuse. Cette roche rappelle la belle colonnade de Pisoja, près de Popayan, et le volcan mexicain de Toluca, dont j'ai aussi gravi le sommet.

Une partie des fragments de porphyre augitique que j'ai trouvés à plus de 8500 mètres de hauteur, sur l'arête de rocher qui nous conduisait à la cime du Chimborazo, et qui, pour la plupart, étaient des morceaux détachés de 12 à 14 pouces de diamètre, sont rouges et criblés de petites cellules brillantes. Quelquefois les plus noirs ont l'apparence et la légèreté de la pierre ponce, et semblent avoir été récemment altérés par le feu. Ces débris ne sont pas cependant descendus du haut de la montagne comme des flots de lave; il est vraisemblable qu'ils ont été amenés au jour après le soulèvement de la masse montagneuse, le long des crevasses qui en sillonnent les flancs. J'ai toujours considéré la haute plaine de Quito comme un seul foyer volcanique, dont le Tunguragua, le Cotopaxi et le Pichincha forment les différents débouchés. Si la science des volcans, prise

dans le sens le plus étendu, a pour objet les phénomènes produits par la réaction de l'intérieur d'une planète contre sa surface oxydée, cette contrée plus qu'aucune autre dans l'Amérique tropicale est soumise aux effets permanents des forces volcaniques. Ces forces sont déchaînées même sous les cimes de porphyre augitique qui, comme celui de Chimborazo, n'ont point de cratère. Trois jours après notre expédition, nous entendîmes dans la nouvelle Riobamba, vers une heure de la nuit, un violent craquement souterrain (bramido) qui n'était accompagné d'aucun ébranlement. Trois heures plus tard seulement, nous sentîmes une forte secousse de tremblement de terre, qui n'avait été immédiatement précédée d'aucun bruit. Des mugissements semblables et qui tous, à ce que l'on croyait, venaient du Chimborazo, avaient été entendus quelques jours auparavant à Calpi. C'est dans le village de San Juan, plus rapproché de la montagne qu'ils sont le plus fréquents. D'ailleurs les bruits souterrains n'excitent pas plus l'attention des indigènes que chez nous le grondement lointain du tonnerre, sous un ciel chargé de nuages.

Ces observations sont une partie de celles que j'ai recueillies dans mon ascension au Chimborazo, et que j'extrais simplement de mon Journal de voyage. Là où la nature est si puissante et si grandiose, et quand l'on est guidé par le seul intérêt de la science, on n'a que faire des ornements du langage.

VII

DEUXIÈME ASCENSION AU CHIMBORAZO

EXÉCUTÉE LE 16 DÉCEMBRE 1831.

(Extrait d'une lettre de M. Boussingault à M. A. de Humboldt.)

« Après dix ans de travaux assidus, j'avais réalisé les projets de jeunesse qui me conduisirent dans le Nouveau-Monde. La hauteur du baromètre au niveau de la mer entre les tropiques, avait été déterminée dans le port de la Guayra. La position géographique des principales villes de Venezuela et de la Nouvelle-Grenade se trouvait fixée. De nombreux nivellements faisaient connaître le relief des Cordillères. J'emportais les données les plus précises sur les gisements d'or et de platine d'Antioquia et du Choco. Enfin, mon laboratoire avait été successivement établi dans les cratères des volcans voisins de l'équateur; et j'avais été assez heureux pour continuer mes recherches sur le décroissement de la chaleur dans les Andes intertropicales, jusqu'à l'énorme hauteur de 5500 mètres.

» Je me trouvais à Rio-Bamba, me reposant de mes

dernières excursions au Cotopaxi et au Tunguragua. Je voulais jouir et rassasier pour ainsi dire ma vue de ces glaciers majestueux qui m'avaient procuré si souvent les émotions de la science, et auxquels je devais bientôt dire un éternel adieu.

» Rio-Bamba est peut-être le plus singulier diorama de l'univers. La ville n'a rien de remarquable en elle-même; elle est placée sur un de ces plateaux arides si communs dans les Andes, et qui ont tous, en raison de leur élévation, un aspect hivernal caractéristique, de nature à faire naître chez le voyageur une certaine sensation de tristesse. Cela vient sans doute, de ce que, pour y parvenir, on passe d'abord par les sites les plus pittoresques; et c'est toujours à regret que l'on quitte le climat des tropiques pour les frimas du nord.

» De la maison que j'habitais, je pouvais relever le Capac-Urcu, le Tunguragua, le Cubillé, le Carguairazo, enfin, au nord, le Chimborazo, et même plusieurs autres montagnes célèbres des Paramos qui, sans avoir l'honneur des neiges éternelles, n'en sont pas moins dignes de tout l'intérêt du géologue.

» C'est un sujet continuel d'observations variées que ce vaste amphithéâtre de neige qui limite de toutes parts l'horizon de Rio-Bamba. Il est curieux d'observer l'aspect de ces glaciers, aux différentes heures du jour, de voir leur hauteur apparente varier d'un moment à l'autre par l'effet des réfractions atmosphériques. Avec quel intérêt ne voit-on pas aussi se produire, dans un espace aussi circonscrit,

tous les grands phénomènes de la météorologie? Ici c'est un de ces nuages, immense en largeur, que Saussure a si bien défini par le nom de *nuage parasite*, qui vient s'attacher à la partie moyenne d'un cône de trachyte; il y adhère; le vent qui souffle avec force ne peut rien sur lui. Bientôt la foudre éclate au milieu de cette masse de vapeur, de la grêle mêlée de pluie inonde la base de la montagne, tandis que son sommet neigeux, que l'orage n'a pu atteindre, est vivement éclairé par le soleil. Plus loin c'est une cime élancée de glace resplendissante de lumière; elle se dessine nettement sur l'azur du ciel, on en distingue tous les contours, tous les accidents. L'atmosphère est d'une pureté remarquable, et cependant cette cime de neige se couvre d'un nuage qui semble émaner de son sein, on croirait en voir sortir de la fumée; ce nuage n'offre déjà plus qu'une légère vapeur, il disparaît bientôt; mais bientôt aussi il se reproduit pour disparaître encore. Cette formation intermittente des nuages est un phénomène très-fréquent sur les sommets des montagnes couvertes de neige; on l'observe principalement dans les temps sereins, toujours quelques heures après la culmination du soleil. Dans ces conditions, les glaciers peuvent être comparés à des condensateurs lancés vers les hautes régions de l'atmosphère, pour dessécher l'air en le refroidissant, et ramener ainsi à la surface de la terre l'eau qui s'y trouvait contenue à l'état de vapeur.

» Ces plateaux entourés de glaciers présentent quel-

quefois l'aspect le plus lugubre ; quand par exemple un vent soutenu y apporte l'air humide des régions chaudes. Les montagnes deviennent invisibles, l'horizon est masqué par une ligne de nuages qui semblent toucher la terre. Le jour est froid et humide, car cette masse de vapeur est presque impénétrable à la lumière solaire. C'est un long crépuscule, le seul que l'on connaisse entre les tropiques, car sous la zone équatoriale, la nuit succède subitement au jour ; on serait vraiment tenté de croire que le soleil s'éteint en se couchant.

» Je ne pouvais mieux terminer mes recherches sur les trachytes des Cordillères que par une étude spéciale du Chimborazo ; pour l'étudier, il suffisait à la vérité de s'approcher de sa base ; mais ce qui m'a fait franchir la limite des neiges, ce qui en un mot a déterminé mon ascension, c'est l'espoir d'obtenir la température moyenne d'une station extrêmement élevée. Cependant, bien que cet espoir ait été frustré, mon excursion, je l'espère, ne restera pas sans utilité pour la science.

» J'expose les raisons qui m'ont conduit sur le Chimborazo, parce que je blâme hautement les excursions périlleuses sur les montagnes, quand elles ne sont pas entreprises dans l'intérêt de la science. Ainsi, malgré les ascensions multipliées qui ont déjà eu lieu sur le mont Blanc depuis l'époque de Saussure, ce savant célèbre est encore aujourd'hui, pour moi, le seul qui en ait atteint le sommet. Quant à ses imitateurs, nous ne leur devons absolument

rien, puisqu'ils ne nous ont rien rapporté qui méritât les dangers d'un tel voyage.

» Mon ami, le colonel Hall, qui m'avait déjà accompagné sur l'Antisana et le Cotopaxi, voulut bien encore s'adjoindre à moi pour cette expédition, afin d'augmenter les nombreuses données qu'il possédait déjà sur la topographie de la province de Quito, et continuer ses recherches sur la géographie des plantes.

» De Rio-Bamba, le Chimborazo présente deux pentes d'une inclinaison très-différente. L'une, celle qui regarde l'Arenal, est très abrupte, et l'on voit sortir de dessous la glace de nombreux pics de trachyte. L'autre qui descend vers le site appelé *Chillapullu*, non loin de Mocha, est au contraire peu inclinée, mais d'une étendue considérable. Après avoir bien examiné les environs de la montagne, ce fut par cette pente que nous résolûmes de l'attaquer.

» Le 14 décembre 1831, nous allâmes prendre gîte dans la métairie du Chimborazo; nous fûmes heureux d'y trouver de la paille sèche pour nous coucher et quelques peaux de mouton pour nous garantir du froid. La métairie se trouve à 3800 mètres de hauteur, les nuits y sont fraîches et le séjour en est d'autant plus désagréable que le bois y est fort rare. Nous étions déjà dans cette région des graminées (pajonales), que l'on traverse avant d'arriver à la limite des neiges perpétuelles; c'est là que finit la végétation ligneuse.

» Le 15 à sept heures du matin, nous nous mîmes

en route, guidés par un Indien de la métairie. Les Indiens des plateaux sont généralement de très-mauvais guides; comme ils s'élèvent rarement à la limite des neiges, ils n'ont qu'une connaissance très-imparfaite des chemins qui conduisent vers la cime des glaciers.

» Nous suivîmes en le remontant un ruisseau encaissé entre deux murs de trachyte, dont les eaux descendent du glacier; bientôt nous quittâmes cette crevasse pour nous diriger vers Mocha, en longeant la base du Chimborazo. Nous nous élevions insensiblement; nos mulets se frayaient difficilement un chemin parmi les débris de roche qui sont accumulés au pied de la montagne. La pente devenait très-rapide, le sol était meuble et les mulets s'arrêtaient presque à chaque pas pour faire une longue pause, ils n'obéissaient plus à l'éperon; la respiration de ces animaux était précipitée, haletante. Nous étions alors précisément à la hauteur du Mont-Blanc, car le baromètre indiqua une élévation de 4808 mètres au-dessus du niveau de la mer.

» Après nous être couvert le visage avec des masques de taffetas léger, afin de nous préserver des accidents que nous avions ressentis sur l'Antisana, nous commençâmes à gravir une arête qui aboutit à un point déjà très-élevé du glacier. Il était midi; nous montions lentement, et, à mesure que nous nous engagions au milieu de la neige, la difficulté de respirer se faisait de plus en plus sentir; nous rétablissions aisément nos forces en nous arrêtant,

sans toutefois nous asseoir, tous les huit ou dix pas. A hauteur égale, je crois avoir remarqué que l'on respire plus difficilement sur la neige que lorsque l'on se trouve sur un rocher ; je chercherai plus loin à en donner l'explication. Nous atteignîmes bientôt un rocher noir qui s'élevait au-dessus de l'arête que nous suivions. Nous continuâmes encore à nous élever pendant quelque temps, mais non sans éprouver une grande fatigue, occasionnée par le peu de consistance d'un sol neigeux qui s'affaissait sans cesse sous nos pas, et dans lequel nous enfoncions quelquefois jusqu'à la ceinture. Malgré tous nos efforts, nous fûmes bientôt convaincus de l'impossibilité de poursuivre notre route ; en effet, un peu au delà de la roche noire, la neige meuble avait plus de 4 pieds de profondeur. Nous allâmes nous reposer sur un bloc de trachyte qui ressemblait à une île au milieu d'une mer de neige. Nous étions à 5115 mètres d'élévation. La température de l'air était de 2°,9. Il était une heure et demie. Ainsi, après beaucoup de fatigues, nous nous étions seulement élevés de 307 mètres au-dessus du point où nous avions mis pied à terre. Je remplis à cette station une bouteille avec de la neige, afin de pouvoir soumettre à un examen chimique l'air renfermé dans ses pores ; on verra bientôt dans quelle intention j'entreprenais cette recherche.

» En quelques instants nous étions descendus là où nous avions laissé nos mulets. J'employai quelques moments à examiner cette partie de la montagne en géologue, et à recueillir une suite de roches.

Elle était formée en grande partie de blocs de roche de toutes grosseurs, disposés en talus; çà et là, ces fragments trachytiques étaient recouverts par des nappes de glace plus ou moins étendues; et en plusieurs points, on pouvait clairement apercevoir qu'ils reposaient sur de la neige endurcie; ils provenaient par conséquent des éboulements récents qui avaient eu lieu dans la partie supérieure de la montagne. Ces éboulements ne sont point rares, et au milieu des glaciers des Cordillères, ce qu'on a le plus à redouter, ce sont des avalanches dans lesquelles il entre réellement plus de pierres que de neige.

» Il était dix heures trois quarts quand nous avions laissé nos mulets; tant que nous marchions sur les rochers, nous n'éprouvions pas de grande difficulté; on aurait dit que nous montions un escalier en mauvais état. Ce qu'il y avait de plus pénible, c'était l'attention soutenue qu'il fallait avoir pour choisir des pierres sur lesquelles on pût poser le pied avec quelque sécurité. Nous reprenions haleine tous les six ou huit pas, mais sans nous asseoir, et souvent même ce repos était utilisé à tailler pour ma collection des échantillons géologiques. Mais aussitôt que nous atteignions une surface neigeuse, la chaleur du soleil devenait suffocante, notre respiration pénible, et nous étions plus souvent dans la nécessité de prendre du repos.

» A onze heures trois quarts, nous achevions de traverser une nappe de glace assez étendue, sur la-

quelle il nous avait fallu faire des entailles pour assurer nos pas. Ce passage ne s'était pas fait sans danger; une glissade eût coûté la vie. Nous entrâmes de nouveau sur des débris de trachyte; c'était pour nous la terre ferme, et dès lors il nous fut permis de nous élever un peu plus rapidement. Nous marchions en file, moi d'abord, puis le colonel Hall, mon nègre venait ensuite; il suivait exactement nos pas, afin de ne pas compromettre la sûreté des instruments qui lui étaient confiés. Nous gardions un silence absolu pendant la marche, l'expérience m'ayant enseigné que rien n'exténuait autant qu'une conversation soutenue à cette hauteur; et pendant nos haltes, si nous échangions quelques paroles, c'était presque à voix basse. J'attribue en grande partie à cette précaution l'état de santé dont j'ai constamment joui pendant mes ascensions sur les volcans. Cette précaution salutaire, je l'imposais, pour ainsi dire, d'une manière despotique à ceux qui m'accompagnaient; et, sur l'Antisana, un Indien, pour l'avoir négligée en appelant de toute la force de ses poumons le colonel Hall, qui s'était égaré pendant que nous traversions un nuage, fut atteint de vertige et eut un commencement d'hémorrhagie.

» Bientôt nous eûmes atteint l'arête que nous devions suivre. Cette arête n'était pas telle que nous l'avions jugée dans le lointain; elle ne portait, à la vérité, que très-peu de neige, mais elle présentait des escarpements difficiles à escalader. Il fallut faire des efforts inouïs; et la gymnastique est pénible dans

ces régions aériennes. Enfin, nous arrivâmes au pied d'un mur de trachyte, coupé à pic, qui avait plusieurs centaines de mètres de hauteur. Il y eut un moment visible de découragement dans l'expédition, quand le baromètre nous eut appris que nous étions seulement à 5680 mètres d'élévation. C'était peu pour nous, car ce n'était pas même la hauteur à laquelle nous étions parvenus sur le Cotopaxi. D'ailleurs, M. de Humboldt avait dépassé ce point sur le Chimborazo, et nous voulions au moins atteindre la station à laquelle s'était arrêté ce savant voyageur. Les explorateurs de montagne, lorsqu'ils sont découragés, sont toujours fort disposés à s'asseoir : c'est ce que nous fîmes à la station de la Peña-Colorada (Rocher-Rouge). C'était le premier repos assis que nous nous permettions. Nous avions tous une soif excessive; aussi notre première occupation fut-elle de sucer des glaçons pour nous désaltérer.

» Il était midi trois quarts, et cependant nous ressentions un froid assez vif; le thermomètre s'était abaissé à 0°,4 C. Nous nous trouvions alors enveloppés dans un nuage; l'hygromètre à cheveu indiquait 91° 1/2. Le nuage s'étant dissipé, l'hygromètre se fixa à 84°. Une humidité si forte peut paraître extraordinaire à une pareille élévation. C'est cependant ce que j'ai constamment observé sur les glaciers des Andes, et cela me paraît s'expliquer tout naturellement.

» Durant le jour, la surface des neiges est ordinairement humide; le rocher de la Peña-Colorada,

par exemple, était tout mouillé ; l'air ambiant, près du glacier, pouvait donc être saturé de vapeur aqueuse. Sur le Mont-Blanc, Saussure vit son hygromètre se tenir entre 59° et 51°, la température variant de 0°,5 à — 2°,3 de Réaumur. Or, il n'est pas rare de rencontrer, même au niveau de la mer, un semblable état hygrométrique de l'atmosphère. Dans les Cordillères, les grandes sécheresses s'observent sur les plateaux qui atteignent 2000 ou 3500 mètres. A Quito et à Santa-Fé de Bogota, on a vu, comme je l'ai déjà signalé dans un autre travail (3), l'hygromètre de Saussure descendre à 26°.

» Les accidents éprouvés par les personnes qui ont fréquenté les glaciers, surtout l'altération souvent si profonde de la peau du visage, ne sauraient donc, selon moi, provenir de l'extrême sécheresse de l'air. Cette altération me paraît due, en grande partie du moins, à l'action d'une trop vive lumière, puisque pour préserver la peau de toute gerçure, il suffit de se couvrir la figure d'un simple crêpe de couleur. Il est évident qu'un tissu aussi léger ne peut garantir la peau du contact de l'air ; mais il suffit pour atténuer la forte lumière à laquelle on est exposé, lorsque le soleil darde sur une plaine de neige. On m'a assuré qu'il suffisait de se noircir la figure pour la défendre de cette action fâcheuse de la lumière ; je suis d'autant plus disposé à le croire, que le nègre qui m'accompagnait sur l'Antisana, eut bien, à la vérité, comme moi, une inflammation terrible aux yeux pour avoir négligé de se masquer, mais que l'épi-

derme de son visage ne fut pas attaqué, tandis que chez moi il fut entièrement détruit.

» Lorsque le nuage dans lequel nous étions plongés fut dissipé, nous examinâmes notre situation; en regardant le rocher rouge, nous avions à notre droite un abîme épouvantable; à gauche, vers l'Arenal, on distinguait une roche avancée qui ressemblait à un belvéder; il était important d'y parvenir, afin de reconnaître s'il était possible de tourner le rocher rouge, et de voir en même temps s'il était permis de monter encore. L'accès de ce belvéder était scabreux, j'y parvins cependant avec l'aide de mes deux compagnons. Je reconnus alors que si nous parvenions à gravir une pente de neige très-inclinée, qui s'appuyait sur une face du rocher rouge, opposée au côté par lequel nous l'avions abordé, nous pourrions atteindre une élévation plus considérable. Pour se faire une idée assez nette de la topographie du Chimborazo, qu'on se figure un immense rocher soutenu de tous côtés par des arcs-boutants. Les arêtes sont les arcs-boutants qui, de la plaine, semblent s'appuyer sur cet énorme bloc pour l'étayer.

» Avant d'entreprendre ce passage dangereux, j'ordonnai à mon nègre d'aller essayer la neige; elle était d'une consistance convenable. Hall et le nègre réussirent à tourner le pied de la position que j'occupais; je me réunis à eux, lorsqu'ils furent assez solidement établis pour me recevoir, car pour les rejoindre, il fallut descendre en glissant environ 25 pieds de glace. Au moment de nous remettre en

route, une pierre se détacha du haut de la montagne et vint tomber tout près du colonel Hall; il chancela et fut renversé. Je le crus blessé, et je ne fus rassuré que lorsque je le vis se relever et examiner avec sa loupe l'échantillon de roche qui s'était si brutalement soumis à notre investigation; ce malencontreux trachyte était identique à celui sur lequel nous marchions.

» Nous marchions avec précaution; à droite nous pouvions nous appuyer sur le rocher; à gauche la pente était effrayante, et avant de nous engager plus avant, nous commençâmes par bien nous familiariser avec le précipice: c'est une précaution qu'il importe de ne point négliger dans les montagnes, toutes les fois que l'on doit passer un endroit dangereux. Saussure l'a dit depuis longtemps, mais on ne saurait trop le répéter, et dans mes courses aventureuses sur les sommets des Andes, je n'ai jamais perdu de vue ce sage précepte.

» Nous commencions déjà à ressentir plus que nous ne l'avions jamais éprouvé, l'effet de la raréfaction de l'air; nous étions forcés de nous arrêter tous les deux ou trois pas, et souvent même de nous coucher pendant quelques secondes. Une fois assis, nous nous remettions à l'instant même; notre souffrance n'avait lieu que pendant le mouvement. La neige présenta bientôt une circonstance qui rendit notre marche aussi lente que dangereuse; il n'y avait guère que trois ou quatre pouces de neige molle; au-dessous se trouvait une glace très-dure et glis-

sante ; nous fûmes obligés de faire des entailles dans cette glace afin d'assurer nos pas. Le nègre allait en avant pour pratiquer les échelons : ce travail l'épuisait en un moment ; en voulant passer devant pour le relever, je glissai, quand, heureusement pour moi, je fus retenu avec force par mes deux compagnons ; pendant un instant nous courûmes tous trois un grand danger. Cet incident nous fit hésiter un moment ; mais prenant un nouveau courage, nous résolûmes de poursuivre notre route. La neige devint plus favorable ; nous fîmes un dernier effort, et à une heure trois quarts nous étions sur l'arête tant désirée. Là, nous fûmes convaincus qu'il était impossible de faire plus ; nous nous trouvions au pied d'un prisme de trachyte, dont la base supérieure, recouverte d'une coupole de neige, forme le sommet du Chimborazo.

» L'arête sur laquelle nous étions parvenus avait seulement quelques pieds de largeur. De toutes parts nous étions environnés de précipices, nos alentours offraient les accidents les plus bizarres. La couleur foncée de la roche contrastait de la manière la plus tranchée avec la blancheur éblouissante de la neige. De longues stalagmites de glace paraissaient suspendues sur nos têtes ; on eût dit une magnifique cascade qui venait de se geler : le temps était admirable ; on apercevait seulement quelques petits nuages à l'ouest ; l'air était d'un calme parfait ; notre vue embrassait une étendue immense ; la situation était nouvelle, nous éprouvions une satisfaction des plus vives.

» Nous étions à 6004 mètres de hauteur absolue; c'est, je crois, la plus grande élévation à laquelle les hommes se soient encore élevés sur les montagnes.

» A deux heures, le mercure se soutenait dans le baromètre à 371^{mm},1 (13 pouces 8 lig. 1/2), le thermomètre du baromètre était à 7°,8 C. A l'ombre d'un rocher, le thermomètre libre indiqua également 7°,8; je cherchai, mais en vain, une caverne dans laquelle je pusse prendre la température moyenne de la station. A un pied sous la neige, le thermomètre marquait 0°; mais cette neige était en état de fusion, et l'instrument devait évidemment signaler la température de la glace fondante.

» Après quelques instants de repos, nous nous trouvâmes entièrement remis de nos fatigues; aucun de nous n'éprouva les accidents qu'ont ressentis la plupart des personnes qui se sont élevées sur les hautes montagnes. Trois quarts d'heure après notre arrivée, mon pouls, comme celui du colonel Hall, battait 106 pulsations dans une minute : nous avions soif, nous étions évidemment sous une légère influence fébrile, mais cet état n'était nullement pénible. La gaieté de mon ami était expansive, il ne cessait de dire les choses les plus piquantes, tout occupé qu'il était à dessiner ce qu'il appelait l'*enfer de glace* qui nous environnait. L'intensité du son me parut atténuée d'une manière remarquable; la voix de mes compagnons était tellement modifiée, que dans toute autre circonstance il m'eût été impossible de la reconnaître. Le peu de bruit que produisait

le marteau avec lequel je frappais à coups redoublés sur la roche nous causait aussi beaucoup d'étonnement. La raréfaction de l'air produit généralement chez les personnes qui gravissent les hautes montagnes des effets très-marqués. Sur la cime du Mont-Blanc, Saussure sentit un malaise, une disposition au mal de cœur; ses guides, qui cependant étaient tous des habitants de Chamouny, éprouvèrent la même sensation. Cet état de malaise augmentait encore lorsqu'il prenait un peu de mouvement ou qu'il fixait son attention en observant ses instruments. Les premiers Espagnols qui s'élevèrent sur les hautes montagnes de l'Amérique, furent atteints, au rapport d'Acosta, de nausées et de douleurs d'entrailles. Bouguer eut plusieurs hémorrhagies dans les Cordillères de Quito : le même accident arriva sur le Mont-Rose à M. Zumstein; enfin, sur le Chimborazo, MM. de Humboldt et Bohpland, lors de leur ascension du 28 juin 1802, ressentirent des envies de vomir, et le sang sortit de leurs lèvres et de leurs gencives. Quant à nous, nous avions, il est vrai, éprouvé de la difficulté à respirer, une lassitude extrême pendant que nous marchions, mais ces inconvénients cessèrent avec le mouvement; une fois en repos, nous croyions être dans un état normal. Peut-être faut-il attribuer le peu d'effet que produisait sur nous la raréfaction de l'air à notre séjour prolongé dans les villes élevées des Andes. Quand on a vu le mouvement qui a lieu dans des villes comme Bogota, Micuipampa, Potosi et d'autres encore, qui

atteignent 2600 à 4000 mètres de hauteur; quand on a été témoin à Quito, dont le sol est élevé de 3000 mètres, de la force et de la prodigieuse agilité des toreadors; quand on a vu des femmes jeunes et délicates se livrer à la danse pendant des nuits entières dans des localités presque aussi hautes que le Mont-Blanc, où le célèbre Saussure trouvait à peine assez de force pour consulter ses instruments, et où ses vigoureux montagnards tombaient en défaillance en creusant un trou dans la neige; quand on se rappelle enfin qu'un combat célèbre, celui de Pichincha, s'est donné à une hauteur peu différente de celle du Mont-Rose, il faut bien reconnaître que l'homme peut s'accoutumer à respirer l'air raréfié des plus hautes montagnes.

» Dans toutes les excursions que j'ai entreprises sur les Cordillères, j'ai toujours éprouvé, à hauteur égale, une sensation infiniment plus pénible en gravissant une pente neigeuse, qu'en m'élevant sur une roche nue. Nous avons beaucoup plus souffert en escaladant le Cotopaxi, qu'en montant sur le Chimborazo; c'est que dans notre ascension du Cotopaxi, nous sommes restés constamment sur la neige.

» Les Indiens de l'Antisana nous assuraient aussi qu'ils éprouvaient un étouffement (ahogo), lorsqu'ils marchaient pendant longtemps sur une plaine neigeuse; et j'avoue qu'en considérant bien les incommodités auxquelles Saussure et ses guides furent exposés en bivouaquant sur le Mont-Blanc, à la simple hauteur de 3888 mètres, je suis disposé à les attribuer,

au moins en partie, à l'action encore inconnue de la neige. En effet, ce bivouac n'atteignait même pas la hauteur des villes de Caxamarca et de Potosi (4).

» Sur les hautes montagnes du Pérou, dans les Andes de Quito, les voyageurs et les mulets qui les portent éprouvent quelquefois et presque subitement une très-grande difficulté à respirer ; on assure avoir vu des animaux tomber dans un état voisin de l'asphyxie. Ce phénomène n'est pas constant, et dans beaucoup de circonstances, il paraît indépendant des effets causés par la raréfaction de l'air. On l'observe surtout, lorsque des neiges abondantes couvrent les montagnes, et que le temps est calme.

» C'est peut-être ici le lieu de remarquer que Saussure se trouvait soulagé des incommodités qu'il ressentait sur le Mont-Blanc, lorsqu'une légère bise se faisait sentir. En Amérique, on désigne sous le nom de *soroche*, cet état météorologique de l'air, qui affecte si fortement les organes de la respiration. Soroche, dans la langue des mineurs américains, signifie de la pyrite ; ce nom indique assez que l'on a cherché la cause de ce phénomène dans des exhalaisons souterraines. Il n'est pas impossible qu'il en soit ainsi ; mais il est plus naturel encore de voir dans le soroche un effet de la neige.

» La suffocation que j'ai éprouvée plusieurs fois moi-même en gravissant des pentes couvertes de neige, quand elles étaient frappées par les rayons du soleil, m'a fait supposer qu'il pouvait s'en dégager, sous l'influence de la chaleur, de l'air sensiblement

vicié. Ce qui me confirmait dans cette idée singulière, c'était une ancienne expérience de Saussure, par laquelle il crut reconnaître que l'air, dégagé des pores de la neige, contenait beaucoup moins d'oxygène que celui de l'atmosphère. L'air, soumis à l'examen, avait été recueilli dans les interstices de la neige du Col du Géant. L'analyse en fut faite par Sennebier, au moyen du gaz nitreux, et en opérant comparativement avec de l'air de Genève.

» Voici les résultats tels qu'ils sont rapportés par Saussure :

« A Genève, un mélange de parties égales d'air atmosphérique et de gaz nitreux, donna deux fois 1,00. L'air de la neige, éprouvé de la même manière, donna une fois 1,85, et l'autre 1,86. Cette épreuve, qui paraissait indiquer une grande impureté dans cet air, aurait exigé des expériences pour reconnaître la nature du gaz qui occupait dans cet air la place de l'oxygène (5). »

» Depuis fort longtemps j'avais le désir de répéter l'expérience de Sennebier ; car en supposant qu'elle fût exacte, en admettant que l'air emprisonné dans la neige des montagnes contînt moins d'oxygène que l'air ordinaire, on concevrait comment cet air impur dégagé par la chaleur du soleil, pouvait, en se répandant dans l'atmosphère, incommoder les personnes qui étaient exposées à le respirer. Ce fut dans cette vue que je remplis une bouteille avec de la neige, sur la station de Chillapullu. Lorsque nous arrivâmes à la métairie du Chimborazo, la neige

était totalement fondue, l'eau qui en était résultée occupait environ un huitième de la capacité de la bouteille; les 7/8 de cette capacité étaient par conséquent occupés par l'air provenant en grande partie des pores de la neige; je dis en grande partie, parce qu'en introduisant la neige dans la bouteille, il avait dû y pénétrer nécessairement une quantité très-notable d'air atmosphérique. J'analysai avec beaucoup de soin l'air de la neige de Chillapullu, au moyen de l'eudiomètre à phosphore : 82 parties d'air de la neige ont laissé pour résidu 68 parties d'azote. Ainsi, il y a eu 14 parties d'oxygène absorbées; cet air contenait en conséquence 0,17 d'oxygène.

» Maintenant, si l'on faisait attention que la bouteille, indépendamment de l'air de la neige, devait renfermer aussi de l'air atmosphérique, on sera disposé à voir, dans cette analyse, une confirmation du résultat que Saussure avait obtenu sur le Col du Géant; et la difficulté de respirer sur les glaciers, lorsqu'ils sont frappés par le soleil, ce que l'on appelle soroche sur les hautes montagnes du Pérou, s'expliquerait jusqu'à un certain point, en admettant que l'air qui enveloppe un glacier est sensiblement moins pur dans le voisinage de la neige que celui de l'atmosphère.

» Le résultat eudiométrique que j'ai obtenu, est sans doute à l'abri de toute objection; mais je crois qu'il faut encore de nouvelles expériences pour prouver clairement que l'air que j'ai examiné était bien le même que celui qui existait dans les pores de la

neige avant sa fusion. En effet, pour se procurer cet air, il a fallu attendre la fusion de la neige; le gaz du flacon s'est trouvé en contact avec l'eau peu ou pas aérée, qui était le résultat de cette fusion. Or, l'on sait que dans une semblable circonstance, l'oxygène se dissout plus facilement dans l'eau que l'azote, et que l'air dont l'eau est saturée est toujours plus riche en oxygène que celui de l'atmosphère. L'air qui restait dans le flacon et qui est celui que j'ai examiné, pouvait donc se trouver moins riche en oxygène, quoique, en réalité, l'air contenu dans la neige eût la composition ordinaire.

» Telle est l'objection que l'on peut, à la rigueur, faire au résultat que j'ai obtenu. Quant au résultat de Saussure, il faudrait, pour le critiquer, connaître avant tout la méthode qu'employa cet illustre observateur, pour retirer de la neige l'air qui fut examiné par Sennebier.

» Les physiciens qui ont fréquenté les hautes montagnes, s'accordent à dire que la couleur bleue du ciel paraît d'autant plus intense qu'on atteint une plus grande élévation. Sur le Mont-Blanc, Saussure vit le ciel sous la couleur du bleu de roi le plus foncé (6), et pendant la nuit, dans un de ses bivouacs, sur la même montagne, la lune, suivant ses propres expressions, « brillait du plus grand éclat au milieu » d'un ciel d'un noir d'ébène. » Sur le Col du Géant, l'intensité de la couleur du ciel était encore très-marquée. Saussure avait imaginé un instrument propre à rendre comparatives les observations de ce

genre. Sur notre station du Chimborazo, le ciel qui était, à notre arrivée, d'une pureté remarquable, ne nous parut pas avoir une teinte plus foncée que celle sous laquelle nous le voyions à Quito. Cependant, comme j'ai eu, à une moindre élévation, l'occasion de voir le ciel presque complétement noir, je rapporterai simplement les faits tels que je les ai observés.

» Lorsque je me trouvai sur le Tolima, le ciel se montra avec sa teinte ordinaire; j'étais à 4686 mètres de hauteur, par conséquent un peu au-dessous des neiges.

» Sur le volcan de Cumbal, le ciel me parut d'un bleu indigo extrêmement foncé. J'étais alors entouré de neige, car la coupole du volcan est couronnée par un glacier. Je remarquerai que pendant tout le temps que j'employai à gravir le Cumbal, et tant que je n'eus pas atteint la limite des neiges, cette teinte bleue me sembla beaucoup moins foncée.

» Lors de mon ascension sur l'Antisana, avant d'atteindre la neige, le ciel avait sa couleur ordinaire; mais une fois que je fus sur la grande plaine de glace, il me sembla qu'il était noir comme de l'encre. Cette teinte noire fut, pour le nègre qui portait mon baromètre, un sujet de consternation. Le soir, nous fûmes tous atteints d'une inflammation aux yeux, qui nous rendit aveugles pendant plusieurs jours.

» Enfin, quand je montai sur le Cotopaxi, je m'étais muni, ainsi que mon compagnon de voyage,

de besicles à verres colorés. Lorsque, après avoir marché pendant cinq heures sur la neige, nous nous arrêtâmes à 5719 mètres d'élévation, le ciel, regardé à l'œil nu, ne nous sembla pas plus foncé que celui de la plaine; comme sur le Chimborazo, nous reconnûmes là notre ciel de Rio-Bamba et de Quito. Je ne prétends cependant pas nier que la couleur du ciel ne soit réellement plus foncée sur les hautes montagnes qu'au niveau de la mer; je n'avais pas de cyanomètre: je suis d'ailleurs tout à fait disposé à admettre les résultats généraux obtenus par Saussure, à l'aide de cet instrument. Ce que je veux seulement établir, c'est que cette différence de teintes n'est sensible que par comparaison, et que la couleur noire du ciel, telle qu'on l'observe quelquefois sur les glaciers, est occasionnée par une fatigue des organes de la vue, peut-être aussi par un effet de contraste facile à concevoir.

» Les montagnards qui accompagnèrent de Saussure dans sa mémorable ascension sur le Mont-Blanc, prétendent avoir vu des étoiles en plein jour: c'était à la montée qui conduit à la cime de la montagne. Saussure lui-même ne fut pas témoin de ce phénomène; son attention était dirigée alors vers d'autres objets; mais il n'a conservé aucun doute sur l'assertion uniforme de ses guides. Pour moi, je n'ai pu apercevoir les étoiles pendant le jour, ni sur le Chimborazo, ni sur aucune des montagnes des Andes, où je me suis élevé à des hauteurs bien plus considérables que celle à laquelle Saussure est jamais

parvenu dans les Alpes. Plusieurs fois cependant, et notamment à la station de la Peña-Colorada, je me suis rencontré dans les circonstances les plus favorables pour observer ce phénomène. En effet, je me trouvais à l'ombre et au pied d'un mur de trachyte très-élevé.

» Pendant tout le temps que nous étions occupés à faire nos observations sur le Chimborazo, le temps s'était maintenu de toute beauté ; le soleil était assez chaud pour nous incommoder légèrement. Vers trois heures, nous aperçûmes quelques nuages qui se formaient en bas, dans la plaine ; le tonnerre gronda bientôt au-dessous de notre station ; le bruit était peu intense, mais il était prolongé ; nous pensâmes d'abord que c'était un bramido, un rugissement souterrain. Des nuages obscurs ne tardèrent pas à entourer la base de la montagne ; ils s'élevaient vers nous avec lenteur : nous n'avions pas de temps à perdre, car il fallait passer les mauvais pas avant d'être envahis, autrement nous eussions couru les plus grands dangers. Une chute abondante de neige, ou une gelée qui eût rendu le chemin glissant suffisait pour empêcher notre retour, et nous n'avions aucune provision pour séjourner sur le glacier.

» La descente fut pénible. Après nous être abaissés de 300 à 400 mètres, nous pénétrâmes dans les nuages, en y entrant par la partie supérieure ; un peu plus bas, il commença à tomber du grésil, qui refroidit considérablement l'air, et au moment où nous retrouvâmes l'Indien qui gardait nos mulets,

le nuage lança sur nous une grêle assez forte pour nous faire éprouver une sensation douloureuse, lorsqu'elle nous atteignait sur les mains ou dans la figure.

» A quatre heures trois quarts j'ouvris mon baromètre au Pedron del Almuerzo, là où le matin à neuf heures j'avais vu le même instrument se tenir à

457mm,6. th. 10° c. air 5°,6 c.

» A quatre heures trois quarts je trouvai. . . 558mm,2. th. 4°,8 c. air 3°,9 c.

Différence. . . 000mm,6

» Il est assez curieux qu'à cette hauteur la variation diurne barométrique ait eu lieu en sens inverse, c'est-à-dire que de neuf heures à quatre heures le baromètre ait monté au lieu de descendre, comme cela arrive constamment entre les tropiques. Cette irrégularité dans la variation diurne barométrique est probablement due à quelque circonstance accidentelle. Je suis d'autant plus disposé à le croire, qu'à la métairie d'Antisana, j'ai trouvé, il est vrai, que ces variations étaient moins étendues que dans la plaine, mais qu'elles avaient lieu dans le même sens.

» A mesure que nous descendions, une pluie glaciale se mêlait à la grêle. La nuit nous surprit en chemin; il était huit heures, quand nous entrâmes dans la métairie du Chimborazo.

» Les observations que j'ai pu recueillir pendant

cette excursion, tendent toutes à confirmer les idées que j'ai émises ailleurs sur la nature des montagnes trachytiques qui forment la crête des Cordillères; car j'ai vu se répéter sur le Chimborazo tous les faits que j'ai déjà signalés, en traitant des volcans de l'équateur. Cette montagne est évidemment elle-même un volcan éteint. Comme le Cotopaxi, l'Antisana, le Tunguragua, et en général les montagnes qui hérissent les plateaux des Andes, la masse du Chimborazo est formée par l'accumulation de débris trachytiques, amoncelés sans ordre. Ces fragments trachytiques, d'un volume souvent énorme, ont été soulevés à l'état solide; leurs angles sont toujours tranchants; rien n'indique qu'il y ait eu fusion, ou même un simple état de mollesse. Nulle part, dans aucun des volcans de l'équateur, on n'observe rien qui puisse faire présumer une coulée de laves : il n'est jamais sorti de ces cratères que des déjections boueuses, des fluides élastiques, ou des blocs incandescents de trachyte plus ou moins scorifié, et qui souvent ont été lancés à des distances considérables.

» La base du Chimborazo est formée par un plateau, que l'on peut étudier avec détail dans le torrent voisin de la métairie. Ici encore, j'ai pu reconnaître que le trachyte n'était nullement stratifié, mais bien fendillé dans tous les sens. Cette roche est à pâte feldspathique, généralement d'une couleur grise, renfermant du pyroxène et des cristaux de feldspath semi-vitreux.

» Le trachyte se relève vers le Chimborazo; il pré-

sente des crevasses souvent considérables, qui sont d'autant plus larges et d'autant plus profondes qu'elles s'approchent davantage de la montagne : on dirait que le Chimborazo, en se soulevant, a fait bomber le plateau qui lui sert de base.

» La roche trachitique, qui constitue en grande partie le terrain de la province de Quito, offre peu de variété. Les blocs entassés confusément qui forment les cônes volcaniques, sont semblables, par leur nature minéralogique, à la roche dont leur base est formée. Ces cônes, ces montagnes saillantes, ont sans doute été soulevés par des fluides élastiques qui se sont fait jour sur les points de moindre résistance. Le trachyte, brisé en une infinité de fragments, a surgi à la surface, soulevé qu'il était par les vapeurs qui se dégageaient. Après l'éruption, la roche brisée a dû nécessairement occuper un volume plus considérable ; tous les fragments n'ont pu rentrer à la place d'où ils étaient sortis ; ils se sont amoncelés au-dessous de l'orifice par lequel le dégagement des fluides s'était effectué. C'est précisément ce qui arriverait si, après avoir percé un puits profond dans une roche dure et compacte, on voulait le combler avec les déblais qui en seraient sortis ; bientôt l'excavation se trouverait remplie, et en continuant à déposer les déblais, suivant une ligne qui passerait par l'axe du puits, on formerait au-dessus de son ouverture un cône qui serait d'autant plus élevé que le puits aurait atteint lui-même une plus grande profondeur. C'est ainsi que je con-

çois la formation du Cotopaxi, du Tunguragua, du Chimborazo, etc.

» Les fluides élastiques, en s'ouvrant un passage au travers de la croûte trachytique, après l'avoir brisée, ont pu mettre la surface du sol en communication avec des vides considérables, existant à une plus ou moins grande profondeur. On conçoit alors que les fragments, soulevés d'abord, ont pu ensuite s'affaisser et se loger dans ces excavations. Ainsi, au lieu d'un cône s'élevant au-dessus du point d'éruption, il a dû se produire une concavité à la surface du terrain. C'est ainsi que je comprends les dépressions si remarquables que présente le cratère du Rucupichincha, et le lac vert de la soufrière de Tuquerès, dont j'ai donné ailleurs une description étendue (7).

» Je considère donc l'apparition des cônes trachytiques des Cordillères comme postérieure au soulèvement de la masse des Andes; ce ne sont pas cependant les soulèvements les plus récents qui aient eu lieu dans ces montagnes. Dans les voisinages des pics les plus élevés, et je puis citer le Cayambé, l'Antisana, le Chimborazo, on observe des monticules encore composés de fragments, mais d'une roche qui diffère déjà sensiblement du trachyte ordinaire. Elle est noire, porphyrique; sa pâte, qui enchâsse des cristaux de feldspath vitreux, est colorée par du pyroxène. Les cristaux feldspathiques sont assez rares, et souvent on croirait voir un basalte. Je n'y ai cependant jamais rencontré de péridot. Quelquefois

cette roche est compacte et disposée en prisme; quelquefois aussi, elle est scoriforme et remplie de vacuoles; on la prendrait pour une lave, si elle couvrait un espace un peu étendu; mais alors elle se présente toujours en morceaux qui atteignent rarement la grosseur du poing. Cette matière a évidemment surgi à une époque très-récente. A la Chorrera de Pisque, près d'Ibarra, on en voit une belle colonnade reposer sur une alluvion. Dans la ferme de Lysco, cette roche, à l'état fragmentaire, s'est ouvert un passage à travers le trachyte, en le soulevant. C'est là que M. de Humboldt a cru voir une coulée, sortie de l'Antisana. J'ai discuté, dans un autre Mémoire, les raisons sur lesquelles je me fonde pour ne pas partager l'opinion de mon illustre ami (8).

» Le volcan éteint de Calpi, placé à la base du Chimborazo, est encore composé de cette espèce de basalte. Nous le visitâmes lors de notre retour à Rio-Bamba.

» Au milieu du sol sablonneux qui occupe toute la plaine de Rio-Bamba, on remarque, près du village de Calpi, une butte d'une couleur foncée : c'est le Jana-Urcu (la montagne noire). Dans la partie inférieure du monticule, on aperçoit du trachyte sortant de dessous le sable; il est de même nature que celui qui, à quelque distance, supporte le Chimborazo. Ce trachyte paraît avoir été fortement tourmenté; il est rempli de crevasses et fendillé dans tous les sens. La pente du Janu-Urcu, qui regarde Calpi, est formée par de petits fragments de la roche noire : cet

amas de fragments rappelle tout à fait l'éruption pierreuse de Lysco. Il paraîtrait même qu'au Jana-Urcu cette éruption s'est faite postérieurement au dépôt de sable qui nivelle la plaine ; car sa surface, dans les environs du volcan, est jonchée de ces pierres noires scoriformes.

» Nos guides, qui étaient des Indiens de Calpi, nous conduisirent à une crevasse, où l'on entendait distinctement le bruit d'une cascade souterraine : à en juger par l'intensité du bruit, la masse d'eau qui l'occasionnait devait être considérable.

» L'aridité du sol, depuis Latacunga jusqu'à Rio-Bamba, m'avait plusieurs fois frappé d'étonnement. Je me demandais comment les glaciers, les montagnes élevées, qui dominent ce terrain, ne donnaient pas naissance à de nombreux torrents. La sécheresse de ce plateau est seulement superficielle. Il paraît certain que les eaux des montagnes, après avoir pénétré dans ce terrain perméable, circulent, à plus ou moins de profondeur, dans l'intérieur du sol. La cascade souterraine de Jana-Urcu en est déjà une preuve ; et sur plusieurs points, en descendant dans les gorges profondes qui sillonnent le terrain alluvial du plateau, on voit sortir au jour des sources souvent très-abondantes. Tout près de Latacunga, entre cette ville et le Cotopaxi, il existe une source que l'on a rencontrée en creusant à quelques mètres de profondeur, dans le conglomérat ponceux ; elle est nommée par les Indiens Timpo-Pollo (9). Dans la réalité, c'est un véritable cours d'eau souterrain ;

l'eau se renouvelle sans cesse, et l'on aperçoit très-distinctement le sens du courant.

» J'ai trouvé que la température de ce ruisseau était de 18°,8 C. La température moyenne de Latacunga est de 15°,5 C.

» Le 21 décembre nous étions de retour à Rio-Bamba, où je restai encore quelques jours, pour terminer les observations que je m'étais imposées.

» Le 23 décembre, dans l'après-midi, je quittai Rio-Bamba, en me dirigeant sur Guayaquil, où je devais m'embarquer pour visiter la côte du Pérou. Ce fut en vue du Chimborazo que je me séparai du colonel Hall. Pendant mon séjour dans la province du Quito, j'avais joui de sa confiance et de son amitié; sa connaissance parfaite des localités m'avait été de la plus grande utilité, et j'avais trouvé en lui un excellent et un infatigable compagnon de voyage; tous deux enfin, nous avions servi pendant longtemps la cause de l'indépendance. Nos adieux furent touchants; quelque chose semblait nous dire que nous ne devions plus nous revoir. Ce funeste pressentiment n'était que trop fondé. Quelques mois après, mon malheureux ami fut assassiné dans une rue de Quito. »

VIII

DES LIGNES ISOTHERMES

ET

DE LA DISTRIBUTION DE LA CHALEUR SUR LE GLOBE.

(1817)

La répartition de la chaleur sur le globe appartient à ce genre de phénomènes dont on connaît depuis longtemps les circonstances générales, mais qui ne sauraient être déterminés rigoureusement ou soumis à un calcul exact qu'à la condition que la théorie pourra puiser dans les données de l'expérience et de l'observation les corrections des divers éléments qu'elle emploie. Le but de ce Mémoire est de faciliter la réunion de ces données, d'offrir des résultats tirés d'un grand nombre d'observations inédites, et de les grouper d'après une méthode qui, bien que l'avantage qu'elle présente ait été reconnu depuis un siècle, n'avait point encore été essayée dans l'exposition des phénomènes de la déclinaison et de l'inclinaison magnétiques. Comme le travail qui renferme la discussion des observations partielles sera

publié séparément, je me bornerai ici à un simple aperçu, propre à faire connaître la distribution de la chaleur sur le globe, d'après les données les plus récentes et les plus précises. Lorsqu'on ne peut ramener des phénomènes compliqués à une théorie générale, on gagne déjà quelque chose si l'on parvient à fixer les rapports numériques par lesquels se trouvent liées un grand nombre d'observations éparses, et à subordonner l'influence des causes perturbatrices locales à des lois purement empiriques. L'étude de ces lois fait connaître aux voyageurs sur quels problèmes ils doivent de préférence faire porter leur attention, et l'on peut espérer, d'après le perfectionnement progressif des diverses parties du système du monde, que la théorie de la distribution de la chaleur gagnera également en étendue et en précision, à mesure que les observations seront plus multipliées, et dirigées sur les points qu'il importe d'éclaircir.

Comme les phénomènes qui intéressent la géographie : les végétaux et, en général, la distribution des êtres organisés, dépendent de la connaissance des trois coordonnées de latitude, de longitude et de hauteur, j'ai dû m'occuper, depuis plusieurs années, de l'évaluation exacte des températures atmosphériques. Je ne pouvais rédiger mes propres observations sans recourir sans cesse aux ouvrages de Cotte et de Kirwan, les seuls qui renferment une grande masse d'observations météorologiques, bien qu'elles aient été obtenues par des instruments et d'après des méthodes d'une précision très-inégale. Ayant longtemps habité

les plateaux les plus élevés du nouveau continent, j'avais profité des avantages qu'ils offrent, pour examiner la température des différentes couches d'air, non d'après des données isolées, fruits de quelques excursions vers la cime d'un volcan, mais d'après la réunion d'un grand nombre d'observations, faites jour par jour et mois par mois, dans des lieux habités. En Europe et sur tout l'ancien continent, les points les plus élevés, dont on a déterminé les températures moyennes, sont le couvent de Peissenberg en Bavière, et l'hospice du Saint-Gothard (10). Le premier a 995 mètres (511 toises), le second a 2075 mètres (1065 toises) d'élévation au-dessus du niveau des mers. En Amérique, un grand nombre de bonnes observations ont été faites à Santa-Fé de Bogota et à Quito, sur des hauteurs de 2660 et 2909 mètres (1365 et 1492 toises). Une ville de 10000 habitants qui offre toutes les ressources de la civilisation moderne, Huancavelica, est située dans les Cordillères de l'hémisphère austral à 3752 mètres (1925 toises) d'élévation absolue; enfin la mine de Santa-Barbara, entourée de beaux édifices, et placée à une lieue au sud de Huancavelica, offre un endroit favorable pour faire des observations régulières, à la hauteur de 4422 mètres; c'est le double de la hauteur à laquelle est situé l'hospice du Saint-Gothard.

Ces exemples prouvent combien nos connaissances sur les hautes régions de l'atmosphère et sur la physique du monde en général s'accroîtront rapidement, lorsque la culture des sciences, si longtemps

concentrée dans la zone tempérée, s'étendra au delà du tropique, dans ces vastes régions où les Espagnols-Américains se livrent déjà avec tant de zèle à l'étude de la physique et de l'astronomie. Pour comparer avec la chaleur moyenne des climats tempérés les résultats que nous avions obtenus, M. Bonpland et moi, dans les régions équinoxiales, depuis les plaines jusqu'à 5880 mètres (3016 toises) de hauteur, je devais réunir un grand nombre de bonnes observations faites au delà du parallèle de 30 à 35 degrés. Je m'aperçus bientôt combien cette comparaison était vague, si je choisissais des lieux placés dans le méridien des Cordillères ou par une longitude beaucoup plus orientale. J'entrepris dès lors de discuter les résultats consignés dans les ouvrages les plus récents. Je tâchai de trouver de dix en dix degrés de latitude, mais sur des méridiens différents, un petit nombre de lieux dont on connût avec précision la température moyenne. Ce sont autant de points fixes par lesquels je fais passer mes *lignes isothermes* ou *lignes d'égale chaleur*. Je remontai ensuite aux observations mêmes dont les résultats avaient été rendus publics, et je trouvai dans le cours de ce travail facile, mais long et monotone, qu'il en est malheureusement d'un grand nombre de températures moyennes indiquées dans les tableaux météorologiques comme de ces positions astronomiques que l'on adopte sans les discuter. Tantôt les résultats sont en contradiction directe avec les observations les plus récentes, tantôt il est impossible de découvrir d'où ils sont tirés. Beaucoup d'ob-

servations, et même de très-bonnes, ont dû être rejetées par la seule raison que la hauteur absolue du lieu dans lequel elles ont été faites est restée inconnue. C'est le cas de l'Asie Mineure, de l'Arménie, de la Perse, et de presque toute l'Asie. Tandis que la seule partie équinoxiale du Nouveau-Monde offre déjà plus de 500 points, dont la plupart sont de simples villages et des hameaux, déterminés par un nivellement barométrique, nous ignorons encore la hauteur d'Erzeroum, de Bagdad, d'Alep, de Téhéran, d'Ispahan, de Delhi et de Lassa au-dessus du niveau des mers voisines. Malgré les rapports intimes que l'on a entretenus récemment avec la Perse et le Candahar, cette branche de nos connaissances n'a point gagné depuis une cinquantaine d'années. Cependant le décroissement de la température dans les hautes régions de l'atmosphère ne permet pas de confondre les températures moyennes d'endroits qui ne sont pas placés sur un même niveau. Dans l'ancien continent, les bonnes observations, les seules dont on peut faire usage pour reconnaître des lois empiriques, se bornent à une étendue de la surface du globe, limitée, d'un côté, par les parallèles de 80° et 70°, de l'autre, par les méridiens de 80° de longitude orientale et de 20° de longitude occidentale. Les points extrêmes de cette région sont l'île de Madère, le Caire et le cap Nord. C'est une bande qui n'a pas, de l'est à l'ouest, mille lieues marines de 20 au degré, c'est-à-dire 17 d/e la circonférence du globe, et qui, renfermant le bassin de la

Méditerranée, est le centre de la civilisation primitive de l'Europe. La configuration extraordinaire de cette partie du monde, les mers intérieures, et d'autres circonstances si propres à développer les germes de la culture parmi les peuples, ont donné à l'Europe un climat particulier, très-différent de celui des régions placées sous la même latitude. Or comme les sciences physiques portent presque toujours l'empreinte des lieux où l'on a commencé à les cultiver, on s'est accoutumé à considérer la distribution de la chaleur observée dans la région que nous venons de désigner, comme le type des lois qui gouvernent le globe entier. C'est ainsi que, dans la géologie, on a tâché longtemps de ramener tous les phénomènes volcaniques à ceux qu'offrent les volcans de l'Italie. Au lieu d'évaluer méthodiquement la répartition de la chaleur, telle qu'elle existe sur la surface des continents et des mers, on a cru devoir ou regarder comme des exceptions locales tout ce qui s'écarte du type adopté, ou, en suivant une méthode plus dangereuse encore dans la recherche d'une loi naturelle, prendre des *moyennes de température* de 5 en 5 degrés de latitude, en confondant les lieux placés sous des méridiens très-différents. Comme cette dernière méthode paraît exclure l'influence des causes réputées étrangères, je dois la discuter brièvement, avant d'indiquer la marche essentiellement différente que j'ai suivie dans mes recherches.

Il n'en est point de la température de l'atmo-

sphère et du magnétisme du globe comme de ces phénomènes déterminés par une cause unique ou par un seul centre d'action, que l'on peut dégager de l'influence des circonstances perturbatrices, en prenant les résultats moyens d'un grand nombre d'observations, dans lesquelles ces effets étrangers se détruisent mutuellement. La répartition de la chaleur, de même que les inclinaisons et les déclinaisons de l'aiguille aimantée, ou l'intensité du magnétisme terrestre, dépendent, par leur nature, de la localité, de la constitution du sol, de la disposition particulière de la surface rayonnante du globe. On doit se garder d'éliminer précisément ce que l'on veut trouver : il ne faut donc pas confondre sous le nom de circonstances étrangères et perturbatrices, celles dont dépendent essentiellement les phénomènes les plus considérables, par exemple la distribution et le développement plus ou moins rapide de la vie organique. De quelle utilité serait une table d'inclinaisons magnétiques, qui, au lieu d'être mesurées sur des parallèles à l'équateur magnétique, seraient les moyennes d'observations faites par les mêmes degrés de latitudes terrestres, mais sur des méridiens différents? Nous voulons faire connaître la quantité de chaleur annuelle que reçoit chaque point du globe, et ce qui importe le plus à l'agriculture et au bien-être des habitants, la répartition de cette quantité de chaleur entre les différentes parties de l'année, et non ce qui est dû à l'action solaire seule, à la hauteur de l'astre sur l'horizon, à la durée de son

influence, c'est-à-dire à la grandeur des arcs semi-diurnes.

Il y a plus encore; nous prouverons que la méthode des moyennes est insuffisante pour reconnaître ce qui appartient exclusivement au soleil, en tant que ses rayons éclairent un seul point de la surface du globe, et ce qui est dû à la fois au soleil et à l'influence des causes étrangères. C'est parmi ces causes que nous comptons le mélange des températures de différentes latitudes produit par les vents; le voisinage des mers qui sont d'immenses réservoirs d'une chaleur peu variable; l'inclinaison, la nature chimique, la couleur, la force rayonnante et l'évaporation du sol; la direction des chaînes de montagnes qui favorisent le jeu des courants descendants, ou arrêtent certains vents au passage; la forme des terres, leur masse et leur prolongement vers les pôles; la quantité de neige qui les couvre pendant l'hiver; l'élévation de leur température et leur réverbération en été; enfin, ces glaces qui forment comme des continents circompolaires, variables dans leur étendue, et dont les parties détachées, entraînées par les courants, modifient sensiblement le climat de la zone tempérée.

En distinguant, comme on l'a fait depuis longtemps, le climat *solaire* du climat *réel*, il ne faut pas oublier que les causes locales et multipliées qui modifient l'action du soleil sur un seul point du globe, ne sont elles-mêmes que des causes secondaires, des effets du mouvement que l'astre calorifiant pro-

duit dans l'atmosphère, et qui se propage à de grandes distances. Si l'on considère séparément (et il serait utile de le faire dans une discussion purement théorique) la chaleur produite par le soleil, en supposant la terre en repos et sans atmosphère, et la chaleur due à d'autres causes regardées comme perturbatrices, on trouve que cette dernière partie de l'effet total n'est pas entièrement étrangère au soleil. L'influence des petites causes ne disparaîtra pas, si l'on prend le résultat moyen d'un grand nombre d'observations : car cette influence n'est pas restreinte à une seule région. Par la mobilité de l'océan aérien, elle se propage d'un continent à l'autre. Partout, dans les régions voisines des cercles polaires, les rigueurs des hivers sont diminuées par le déversement des colonnes d'air chaud, qui, s'élevant au-dessus de la zone torride, se porte vers les pôles; partout dans la zone tempérée, la fréquence des vents occidentaux, modifie les climats en transportant la température d'une latitude à une autre (11). Qu'on réfléchisse, de plus, à l'étendue des mers, à la configuration et au prolongement des continents, soit dans les deux hémisphères, soit à l'est et à l'ouest des méridiens de Canton et de la Californie, et l'on verra que le nombre d'observations sur la température moyenne fût-il infini, la compensation n'aurait pas lieu.

C'est donc à la théorie seule qu'il appartient de déterminer la répartition de la chaleur sur le globe, en tant qu'elle dépend de l'action immédiate et in-

stantanée du soleil. Elle n'indique pas les degrés de température exprimée par la dilatation du mercure dans un thermomètre, mais les rapports entre la chaleur moyenne annuelle, à l'équateur, sous le parallèle de 45°, et sous le cercle polaire ; elle détermine les rapports entre les chaleurs solsticiales et équinoxiales dans les différentes zones. En comparant les résultats du calcul, non à la moyenne tirée d'observations faites par différentes longitudes, mais à la température moyenne d'un seul point de la surface de la terre, on ferait le départ de ce qui est dû à l'action immédiate du soleil et à l'ensemble des autres influences solaires et non solaires, locales ou propagées à de grandes distances. Cette comparaison de la théorie et de l'expérience offrirait un grand nombre de rapports intéressants.

Longtemps avant que l'on eût des thermomètres comparables et une idée précise de la température moyenne d'un lieu, en 1693, Halley jeta les premiers fondements d'une théorie de l'action calorifiante du soleil, à différents degrés de latitude (12). Il prouva que la durée de l'action pouvait compenser l'effet de l'obliquité des rayons. Les rapports qu'il indique expriment, non la chaleur moyenne des saisons, mais la chaleur d'un jour d'été à l'équateur et sous le cercle polaire, rapport qui est comme 1,834 à 2,310. Déjà chez les Grecs, d'après le témoignage de Geminus (13), Polybe avait entrevu la raison pour laquelle il y a moins de chaleur à l'équateur que sous le tropique. L'idée d'une zone tempérée et habitable,

placée à une grande hauteur au milieu de la zone torride, fut admise aussi par Ératosthène, Polybe et Strabon.

Dans deux Mémoires (14) publiés à de longs intervalles, en 1719 et 1765, Mairan essaya de résoudre les problèmes de *l'action solaire*, en les traitant d'une manière beaucoup plus étendue et plus générale. Il compara, le premier, les résultats de la théorie à ceux de l'observation ; et comme il trouvait la différence entre les chaleurs d'été et d'hiver beaucoup moins grande qu'elle ne devait l'être d'après le calcul, il reconnut la chaleur permanente du globe et les effets du rayonnement. Sans se méfier des observations qu'il employait, il imagina la théorie bizarre des *émanations centrales* qui, depuis l'équateur jusqu'au pôle, ajoutent à la chaleur de l'atmosphère. Il suppose que ces émanations décroissent jusqu'au parallèle de 74°, où les étés solaires atteignent leur maximum, et qu'elles augmentent de 74° au pôle.

Lambert, avec la sagacité qui le distingue dans toutes ses recherches physico-mathématiques, a relevé, dans sa *Pyrométrie*, les erreurs de la théorie de Mairan (15). Il aurait pu ajouter que ce géomètre confond les quantités de chaleur que reçoit un point du globe, sous le 60° de latitude, pendant les trois mois d'été, avec le maximum auquel les habitants de ces régions boréales voient de temps en temps monter les thermomètres par un jour serein. Les températures moyennes des étés, loin de décroître du pôle au tropique, sont sous l'équateur, sous le parallèle

de 45°, et sous celui de Stockholm, d'Upsal ou de Pétersbourg, 27°,7, 21° et 16°,2. Réaumur avait envoyé ses nouveaux thermomètres à la zone torride, en Syrie et dans le Nord. Comme on se contenta alors de noter les jours les plus chauds, on s'était formé l'idée d'un *été universel*, qui serait le même dans toutes les parties du globe. On avait remarqué, et avec raison, que les chaleurs extrêmes sont plus fréquentes et même plus fortes dans la zone tempérée, par de hautes latitudes, que sous la zone torride. Sans avoir égard à la température moyenne des mois, on supposait vaguement que, dans ces régions septentrionales, les étés suivaient le rapport des extrêmes thermométriques. Ce préjugé s'est encore propagé de notre temps, quoiqu'il soit bien prouvé que, malgré la longueur des jours dans le Nord, les températures moyennes des mois les plus chauds à Pétersbourg, à Paris et sous l'équateur, sont de 18°,7, 20°,8 et 28° du thermomètre centigrade. Au Caire, d'après les observations de Nouet, les trois mois d'été sont de 29,3, par conséquent, de 14° plus chauds qu'à Pétersbourg et de 10° plus chauds qu'à Paris. Les chaleurs estivales du Caire égalent presque celles que j'ai éprouvées à Cumana et à la Guayra, entre les tropiques.

Quant à l'*émanation centrale* du système de Mairan ou à la quantité de chaleur que l'air ambiant reçoit de la terre, il est aisé de concevoir qu'elle ne peut agir dans toutes les saisons. La température du globe, aux profondeurs que nous atteignons, est en

général peu différente de la ch
nuelle de l'atmosphère. Son acti
importance pour la conservation
elle ne devient sensible dans l'a
face du globe ne se couvre
neige, et pendant les seuls moi
moyenne est au-dessous de celle
Dans la France méridionale, pa
ement de la terre peut agir su
cinq mois qui précèdent le
parlons ici de la chaleur propr
de ce rayonnement de la surface
est invariable à de grandes
même au solstice d'été, et dont
est offert à M. Prevost une mes
de l'action solaire directe (16).
la chaleur Mairan avait trouvé que, dans
comme 16 à 1. M. Prevost admet p
pour de 7 à 1. De bonnes observat
vers la température moyenne des
16°,7 à Genève, 1°,5 et 18°,3; à Pé
rapports centigrades. Ces nombres n'
différences absolus ni des quantités a
seul thermométriques regar
mis par des influences calorifiantes : l
autre la théorie dégagent la chale
effet indirect. Euler, dans ses
sur la chaleur solaire, ne fut pas
Mairan. Il suppose que les sinus néga

it donnent la mesure du re-
. et il obtient ce résultat ex-
l'équateur, à minuit, le froid
ux que pendant l'hiver sous
ment ce grand géomètre atta-
nportance à ce résultat et à
oule. Le second Mémoire de
, en aucune façon, les ques-
Halley, offre du moins l'a-
quelques vues générales sur
de la chaleur dans les diffé-
st vrai que les températures
ondues sans cesse avec les
s; mais c'est la première fois
les ouvrages de Cotte et de
las faits et de comparer les
és.

narche suivie par ses prédé-
ns son *Traité de Pyrométrie*,
s deux buts très-différents : il
ns analytiques pour les cour-
variations de la température
observé, et il a repris, dans
ité, le théorème de l'action
rmules d'après lesquelles on
d'un jour sous une latitude
rrassé de fixer la dispersion
acquise ou les sous-tangentes
cturnes (18), il dresse des
on de la chaleur par diffé-

général peu différente de la chaleur moyenne annuelle de l'atmosphère. Son action est d'une grande importance pour la conservation des végétaux; mais elle ne devient sensible dans l'air que là où la surface du globe ne se couvre pas entièrement de neige, et pendant les seuls mois où la température moyenne est au-dessous de celle de l'année entière. Dans la France méridionale, par exemple, le rayonnement de la terre peut agir sur l'atmosphère, dans les cinq mois qui précèdent le mois d'avril. Nous parlons ici de la chaleur propre du globe, de celle qui est invariable à de grandes profondeurs, et non de ce rayonnement de la surface du globe qui a lieu, même au solstice d'été, et dont les effets nocturnes ont offert à M. Prevost une mesure approximative de l'action solaire directe (16).

Mairan avait trouvé que, dans la zone tempérée, la chaleur de *l'été solaire* est à celle de *l'hiver solaire* comme 16 à 1. M. Prevost admet pour Genève le rapport de 7 à 1. De bonnes observations me donnent pour la température moyenne des étés et des hivers, à Genève, 1°,5 et 18°,3; à Pétersbourg, 8°,8 et 16°,7 centigrades. Ces nombres n'expriment ni des rapports absolus ni des quantités absolues, mais des différences thermométriques regardées comme effet total des influences calorifiantes : les rapports fournis par la théorie dégagent la chaleur solaire de tout autre effet indirect. Euler, dans ses *Essais historiques sur la chaleur solaire*, ne fut pas plus heureux que Mairan. Il suppose que les sinus négatifs de la hauteur

du soleil pendant la nuit donnent la mesure du refroidissement nocturne, et il obtient ce résultat extraordinaire que, sous l'équateur, à minuit, le froid doit être plus rigoureux que pendant l'hiver sous le pôle (17). Heureusement ce grand géomètre attache lui-même peu d'importance à ce résultat et à la théorie d'où il découle. Le second Mémoire de Mairan, sans résoudre, en aucune façon, les questions pendantes depuis Halley, offre du moins l'avantage de renfermer quelques vues générales sur la véritable distribution de la chaleur dans les différents continents. Il est vrai que les températures extrêmes y sont confondues sans cesse avec les températures moyennes; mais c'est la première fois qu'on ait essayé, avant les ouvrages de Cotte et de Kirwan, de grouper les faits et de comparer les climats les plus éloignés.

Peu content de la marche suivie par ses prédécesseurs, Lambert, dans son *Traité de Pyrométrie*, a dirigé ses travaux vers deux buts très-différents : il a cherché des expressions analytiques pour les courbes qui expriment les variations de la température dans un lieu où il avait observé, et il a repris, dans la plus grande généralité, le théorème de l'action solaire. Il donne des formules d'après lesquelles on doit trouver la chaleur d'un jour sous une latitude déterminée; mais embarrassé de fixer la dispersion nocturne de la chaleur acquise ou les sous-tangentes des refroidissements nocturnes (18), il dresse des tables sur la distribution de la chaleur par diffé-

rents parallèles et dans différentes saisons (19), qui s'éloignent à tel point des résultats de l'observation, qu'il serait bien difficile d'attribuer ces déviations à l'influence de la chaleur rayonnante du globe ou à d'autres causes perturbatrices. On est frappé du peu de différence que la théorie indique entre les températures moyennes annuelles des lieux situés sous l'équateur et sous le cercle polaire, entre les étés de la zone torride et ceux de la zone glaciale. Il est vrai que nous ne demandons pas à l'analyse de déterminer la répartition de la chaleur, telle qu'elle existe à la surface du globe. Nous savons que, à moins de recourir aux lois empiriques, et de puiser des données dans les résultats de l'observation, la théorie ne peut soumettre au calcul qu'une partie de l'effet total, celle qui appartient à l'action immédiate des rayons solaires; mais depuis les heureuses et récentes applications de l'analyse, soit aux phénomènes du rayonnement des surfaces, soit au passage du calorique dans l'intérieur des corps solides, soit enfin au refroidissement de ces corps dans des milieux dont la température n'est pas uniforme, il est permis d'espérer que l'on parviendra enfin à perfectionner la connaissance de l'action solaire et à calculer la distribution de la chaleur acquise sur l'enveloppe extérieure de notre planète.

En discutant ce que l'on peut attendre des travaux purement théoriques des géomètres, je n'ai point parlé d'un Mémoire célèbre, mais très-concis, de Mayer, le réformateur des tables lunaires. Ce travail, rédigé en 1755, a été inséré vingt ans plus

tard dans les *Opera inedita* (20). C'est une méthode et non une théorie; c'est un essai essentiellement différent de ceux que nous venons de citer, et, comme le dit son savant auteur lui-même, une détermination de la chaleur moyenne, trouvée empiriquement par l'application des coefficients que fournissent les observations. La marche de Mayer est analogue à celle que les astronomes suivent avec tant de succès, lorsqu'ils corrigent peu à peu le lieu moyen d'une planète, en supprimant l'effet des inégalités de son mouvement. Elle ne présente pas le résultat de l'action solaire dégagée de l'influence des circonstances étrangères; elle évalue, au contraire, les températures, telles qu'elles sont distribuées sur le globe, quelle que soit la cause de cette distribution. La chaleur moyenne de deux endroits placés sous différentes latitudes étant donnée, on trouve par une équation très-simple la température de tout autre parallèle. Les calculs de Mayer, d'après lesquels les températures décroissent de l'équateur au pôle, comme les carrés des sinus de latitude, donnent des résultats assez précis, lorsqu'on ne s'éloigne pas beaucoup, en longitude, des régions qui ont fourni les coefficients empiriques. Mais sans sortir de l'hémisphère boréal, dès que l'on applique les formules à des lieux placés 70 ou 80 degrés à l'est ou à l'ouest du méridien de Paris, les calculs ne s'accordent plus avec les observations. La courbe qui passe par les points dont la température moyenne est zéro, ne coïncide pas avec un parallèle terrestre : si, dans la

péninsule scandinave, nous ne rencontrons cette courbe que par les 65° ou 68° de latitude, elle descend, au contraire, dans le nord de l'Amérique et dans l'Asie orientale, jusqu'aux parallèles de 53° à 58°. Or la direction et les inflexions de cette courbe de température *zéro* influent sur les lignes isothermes voisines, de la même manière que les inflexions de l'équateur magnétique modifient les lignes d'inclinaison. Demander quelle température moyenne ou quelle inclinaison de l'aiguille aimantée appartient à tel ou tel degré de latitude, c'est proposer des problèmes également indéterminés. Quoique, même par de hautes latitudes, les lignes magnétiques et les lignes isothermes ne soient pas rigoureusement parallèles à l'équateur magnétique et à la courbe de température *zéro*, c'est pourtant la distance d'un lieu à cette courbe qui détermine la température moyenne, comme le degré d'inclinaison de l'aiguille dépend de la latitude magnétique.

Ces considérations suffisent pour prouver que les formules empiriques de Mayer exigent l'introduction d'un coefficient qui dépend de la longitude, et par conséquent de la direction des lignes isothermes et de leurs nœuds avec les parallèles terrestres. Mayer n'a point eu l'intention de dégager les résultats qu'il obtient de l'influence de toutes les causes perturbatrices : il s'est borné à déterminer les effets de la hauteur au-dessus du niveau de la mer, ceux des saisons et de la longueur du jour. Il a voulu indiquer la route que les physiciens doivent suivre en

imitant la méthode des astronomes. Son Mémoire date d'une époque où l'on ne connaissait pas la température moyenne de trois points sur le globe; et les corrections que je propose, d'après le tracé des lignes isothermes, loin d'être incompatibles avec la méthode de Mayer, sont au contraire du nombre de celles que ce géomètre semble avoir vaguement prévues.

Kirwan, dans son ouvrage sur les climats et dans un savant Mémoire météorologique, inséré au huitième volume des *Transactions of the Irish Academy*, essaye d'abord de suivre la marche proposée par Mayer; mais, plus riche en observations que tous ceux qui l'ont précédé, il s'aperçoit bientôt que, après de longs calculs, les résultats obtenus s'accordent mal avec l'expérience (21). Pour tenter une méthode nouvelle, il choisit, dans la vaste étendue des mers, des lieux dont la température n'éprouve de changement que par des causes permanentes : ce sont la partie du grand Océan appelée vulgairement océan Pacifique, de 40° sud à 45° nord, et la partie de l'océan Atlantique comprise entre les parallèles de 45° et 80°, depuis les côtes de l'Angleterre jusqu'au Gulf-Stream, dont sir Charles Blagden a fait connaître le premier la haute température. Kirwan essaye de déterminer, mois par mois, la température moyenne de ces mers, à différents degrés de latitude; et ces résultats lui offrent des termes de comparaison avec les températures moyennes observées sur la partie solide du globe terrestre. Il est aisé de concevoir que cette méthode n'a d'autre but que de

distinguer dans les climats, c'est-à-dire dans l'effet total des *influences calorifiques*, ce qui est dû à l'action exercée immédiatement par le soleil sur un seul point du globe. Kirwan considère d'abord la terre comme uniformément couverte d'une couche d'eau très-épaisse; puis il compare les températures de cette eau, par différentes latitudes, avec ce que l'on observe sur la surface des continents hérissés de montagnes, et inégalement prolongés vers les pôles.

Ce travail intéressant peut faire apprécier l'influence des causes locales, ainsi que l'effet qui provient de la position des mers, et s'explique par l'inégale capacité de l'eau et de la terre pour absorber la chaleur; il est même plus propre à conduire à ce but que la méthode des moyennes tirées d'un grand nombre d'observations faites sur différents méridiens; mais dans l'état actuel de nos connaissances physiques, la route proposée par Kirwan ne peut être suivie. Un petit nombre d'observations, faites loin des côtes pendant le cours d'un mois, fixe sans doute la température moyenne annuelle de la mer à sa surface, et, à cause de la lenteur avec laquelle une grande masse d'eau suit les changements de température de l'air ambiant, l'étendue des variations pendant l'espace d'un mois est plus petite dans l'Océan que dans l'atmosphère : mais il s'en faut de beaucoup que l'expérience directe nous mette à même d'indiquer, dans la zone tempérée, parallèle par parallèle et mois par mois, les températures moyennes de l'Océan. Le grand tableau que Kirwan a formé pour

toute l'étendue des mers devant servir de terme de comparaison, est fondé en petite partie sur les observations des voyageurs, en très-grande partie sur la théorie de Mayer. On y a confondu de même les expériences faites sur la chaleur de l'Océan à sa surface, avec les résultats des Journaux météorologiques ou avec les indications de la température de l'air qui repose sur la mer. On a commis un cercle vicieux, en modifiant, soit d'après des suppositions théoriques, soit d'après des observations faites sur l'air qui baigne les côtes des continents, la table de la température de l'Océan, pour comparer ensuite avec ces résultats, à moitié hypothétiques, ceux que l'observation seule fournit dans l'intérieur des terres.

Après les ouvrages de Kirwan, il me reste à citer ceux de Cotte. Ce sont de simples compilations, laborieuses et souvent utiles, mais dont on ne peut se servir qu'avec beaucoup de circonspection. L'esprit de critique a rarement présidé à leur rédaction, et elles ne sont pas disposées de telle manière, qu'elles puissent conduire à des résultats généraux.

En exposant l'état actuel de nos connaissances sur la répartition de la chaleur, j'ai fait voir combien il est dangereux de confondre les résultats tirés des observations avec ceux que l'on déduit d'idées théoriques. La chaleur d'un point quelconque, sur le globe, dépend de l'obliquité des rayons solaires et de la durée de leur action, de la hauteur de la station, de la chaleur intérieure et du rayonnement de la terre dans un milieu de température variable; enfin

de l'ensemble des causes qui elles-mêmes sont les effets de la rotation de la terre et de la disposition inégale des mers et des continents. Avant de jeter les bases d'un système, il faut grouper les faits, fixer les rapports numériques, et, ainsi que je l'ai indiqué dès le commencement de ce Mémoire, soumettre les phénomènes de la chaleur à des lois empiriques, comme a fait Halley pour ceux du magnétisme terrestre. En suivant cette marche, j'ai d'abord examiné la question de savoir si la méthode employée par les physiciens pour déduire les températures moyennes de l'année, des mois et des jours, est sujette à des erreurs sensibles. Rassuré sur la précision des *moyennes* numériques, j'ai tracé sur une carte les lignes isothermes analogues aux lignes d'inclinaison et de déclinaison magnétiques. J'ai considéré ces lignes, à la surface de la terre, dans un plan horizontal, et sur la pente des montagnes, dans un plan vertical. J'ai examiné l'accroissement de la température du pôle à l'équateur, inégal sous différents méridiens; le partage d'une même quantité de chaleur entre les différentes saisons, sur un même parallèle isotherme et à différentes latitudes; la courbe des neiges perpétuelles, qui n'est point une ligne d'égale chaleur; la température de l'intérieur de la terre, un peu plus grande vers le nord et sur les hautes montagnes que la température moyenne de l'atmosphère sous le même parallèle; enfin la répartition de la chaleur dans l'Océan et la position de ces bandes, que l'on peut désigner par le nom de bandes des eaux les plus

chaudes. Les bornes de cet extrait ne me permettant pas d'entrer dans le détail de ces discussions diverses, je ne consignerai ici que les principaux résultats.

Anciennement on prenait le *maximum* et le *minimum* de température observés dans le courant d'une année, et l'on regardait la demi-somme comme la température moyenne de l'année entière. C'est ainsi que firent Maraldi, Lahire, Muschenbrœk, Celsius et même Mairan, lorsqu'ils voulurent comparer l'année très-chaude de 1718 avec les années excessivement froides de 1709 et 1740. Lahire fut frappé de l'identité de la température constante des caves de l'Observatoire de Paris avec celles que lui donnaient les extrêmes annuels observés. Il paraît avoir eu le premier, en 1719, l'idée de la quantité moyenne de la chaleur que reçoit un point du globe; et il ajoute « que l'on peut regarder l'air des caves comme l'état moyen du climat (22). » Réaumur suivit également la méthode des *maxima*, quoiqu'il en reconnût l'inexactitude (23). Il détermina les heures auxquelles il fallait observer; et, depuis 1735, il publia, dans les Mémoires de l'Académie, les extrêmes de température de chaque jour; il compara même déjà le produit de deux récoltes à la somme des degrés de chaleur auxquels, pendant deux années consécutives, les céréales avaient été exposées. Cependant lorsqu'il s'agissait de la température moyenne des mois, il se contentait, comme Duhamel le fit encore trente ans plus tard, d'indiquer 3 ou 4 extrêmes thermométriques. Pour apprécier les erreurs auxquelles expose

cette méthode incomplète, je rappellerai que, jusqu'en 1777, la température moyenne de Toulon fut évaluée par Cotte à 25°,6, tandis que plus tard, en employant la masse de toutes les observations, le même savant réduisit cette température à ce qu'elle est effectivement, à 15°,7 (24).

Pour diminuer les erreurs causées par la méthode des extrêmes annuels, on a compris, bien tard il est vrai, qu'il fallait subdiviser la courbe exprimant les variations de la température. Vingt-quatre extrêmes, répartis parmi les douze mois de l'année donnent déjà une moyenne annuelle plus exacte que deux extrêmes pris sur l'ensemble de toutes les observations. Les ordonnées n'augmentent pas uniformément et sans interruption jusqu'au *maximum* de l'année : il y a des inflexions partielles assez régulières. Plus on subdivise, et plus on connaîtra de termes dans la série ; plus ces termes seront rapprochés, et moins il y aura d'erreur dans la supposition d'une progression arithmétique, et dans celle de l'équidistance des différents *maxima* et *minima* de température. Ces considérations font apprécier les trois méthodes auxquelles les observations sont assujetties de nos jours :
1° On observe trois fois par jour, au lever et au coucher du soleil, et à deux heures après midi. C'est ainsi qu'on a fait à Genève pendant les trois années 1796, 1797 et 1798. Dans les Observatoires, on préfère l'heure de midi à celle du coucher du soleil.
2° On observe à deux époques du jour, que l'on croit celles du *maximum* et du *minimum*, au lever du soleil

et à deux heures après midi. 3° On observe une seule fois, à l'heure que l'on a trouvée représenter, dans les différentes saisons, la température moyenne du jour. C'est ainsi que M. Ramond, par une induction judicieuse, a prouvé que la hauteur du baromètre, à l'heure de midi, donne pour nos climats la moyenne pression atmosphérique corrigée de la variation diurne (25).

J'ai trouvé, en calculant un grand nombre d'observations faites entre les parallèles de 46° à 48°, que la seule époque du coucher du soleil donne une température moyenne qui ne présente avec celle que fournissent les observations du lever et de deux heures qu'une différence de quelques dixièmes de degrés. Les écarts des différents mois n'excèdent pas un degré, et ils sont très-régulièrement positifs ou négatifs, d'après l'ordre des saisons. M. Arago a examiné pour sept ans les observations de midi (26). Elles donnent, pour Paris, 3° de plus que la température moyenne de l'année entière. Sur les hautes montagnes de la zone tempérée, la différence est à peine d'un degré (27). On peut, en appliquant des coefficients variables selon les latitudes et les hauteurs, conclure les températures moyennes vraies d'observations faites à telle ou telle époque du jour, à peu près comme des hauteurs du soleil prises hors du méridien on peut déduire la latitude d'un lieu.

Si l'on ne veut pas se borner aux deux observations du *maximum* et du *minimum*, et que l'on en ajoute une troisième, on commet une erreur plus

ou moins grave, en divisant simplement par trois la somme des observations, sans avoir égard à la durée des températures partielles et à la place qu'occupe la troisième observation entre les derniers termes de la série (28). L'expérience prouve que les températures moyennes de l'année, obtenues par deux ou trois observations, ne diffèrent pas sensiblement, si l'observation intermédiaire est assez éloignée des observations du *maximum* et du *minimum*, c'est-à-dire si l'intervalle est de quatre ou cinq heures. Chaque fois donc que l'on calcule sans égard à la durée des températures intermédiaires, on doit préférer comme plus sûre la méthode qui n'emploie que deux observations de température extrême, et qui est aussi le plus généralement adoptée. Il suffira d'indiquer la source des erreurs qu'elle peut offrir. Les deux termes extrêmes, dans nos climats, ne partagent pas la série de vingt-quatre heures en deux parties égales. Le *maximum* est une époque à peu près fixe, tandis que le lever du soleil retarde ou avance de trois heures. Comme on devrait avoir égard à la durée de la température partielle, pour trouver la quantité de chaleur partagée entre la nuit et le jour, il faudrait accoupler le *maximum* du jour précédent avec le *minimum* du jour suivant, et non se contenter de prendre la demi-somme de tous les *maxima* et *minima* d'un mois. Dans le calcul ordinaire, on ne détermine que la température moyenne de la partie du jour comprise entre le lever du soleil et deux heures de l'après-midi, supposant que le lendemain la température moyenne sera la

même, depuis deux heures jusqu'au lever du soleil (29). Cette double cause d'erreur, le manque d'équidistance et l'accouplement des observations, ne produit généralement que des erreurs de quelques dixièmes de degrés, tantôt en moins, tantôt en plus, puisque les jours chauds et froids sont mêlés (30).

Mais tous les calculs seront en défaut, si les trois cent soixante-cinq ordonnées par lesquelles passe la courbe de l'année n'expriment pas une progression arithmétique, et si les irrégularités partielles ne se compensent pas d'une manière sensible les unes les autres. Dans cette supposition seulement, les termes extrêmes de la série permettent de conclure la somme des termes, c'est-à-dire des températures partielles. On voit au premier coup d'œil que, près du *maximum*, la température de l'air doit s'élever plus lentement que sur d'autres points de la courbe, et que cet accroissement doit dépendre du sinus de la hauteur du soleil et de l'émission de la chaleur rayonnante du globe.

Il m'a paru très-important de constater par de bonnes observations, faites d'heure en heure, à différentes époques de l'année et sous différentes latitudes, jusqu'à quel point on peut se fier à ces résultats, que l'on désigne par le nom de *températures moyennes*. On a choisi à Paris, dans les registres de l'Observatoire royal, des jours sereins et calmes qui offraient au moins dix à douze observations. Sous l'équateur, j'avais passé des journées entières à déterminer l'accroissement et le décroissement horaire de la tem-

pérature, en notant les thermomètres à l'ombre et au soleil, ainsi que la marche de l'évaporation et de l'humidité. Pour éviter les calculs, j'avais mesuré avec un quart de cercle les hauteurs du soleil, à chaque observation partielle. J'avais choisi des jours et des nuits entièrement calmes, et où le ciel était sans trace de nuages, parce que les amas de vapeurs vésiculaires interrompent le jeu du rayonnement de la terre. Le résultat de ce travail a été très-rassurant : il a prouvé ce qu'annonçait déjà, non-seulement l'harmonie entre la température de la terre et la moyenne des observations journalières, mais aussi la régularité avec laquelle procèdent les températures moyennes des mois en différentes années, à savoir, que les effets des petites causes perturbatrices se compensent dans un grand nombre d'observations (31). J'ai obtenu des résultats analogues en prenant pour plusieurs mois les moyennes de neuf heures du matin, du coucher du soleil, et de minuit. J'ai calculé les températures par la distance du *maximum*, exprimée en temps, et dans la supposition d'une progression arithmétique. J'ai trouvé ainsi que, sous la zone torride, la courbe du matin, depuis le lever du soleil jusqu'au *maximum*, différait très-régulièrement de la courbe du soir. Le matin la vraie chaleur moyenne, celle que l'on trouve en ayant égard à la durée, est un peu plus grande que la demi-somme des extrêmes (32) ; le soir, l'erreur est en sens contraire, et la série des températures se rapproche plus d'une progression par quotients. Les différences n'excèdent généralement pas un demi-degré, et le

calcul prouve qu'il y a une compensation régulière. Il serait curieux d'examiner la part qu'a le rayonnement de la terre à ces effets horaires, les changements de température qui se produisent à la surface ne suivant la progression géométrique qu'autant qu'ils s'opèrent dans un milieu de température constante.

Après avoir discuté la manière de prendre des moyennes et de réduire les températures à des expressions générales, nous allons donner un exemple du tracé des lignes isothermes sur la surface du globe au niveau des mers. Une légère attention, portée sur les variations des climats a fait remarquer, depuis plus d'un siècle, que les températures ne sont pas les mêmes sur les mêmes parallèles, et qu'en avançant de 70° par exemple vers l'est ou vers l'ouest, on sent diminuer sensiblement la chaleur atmosphérique. Il s'agit, d'après la méthode que nous suivons, de réduire ces phénomènes à des rapports numériques, et de prouver que des lieux placés sous les mêmes latitudes ne diffèrent pas, en Amérique et en Europe, du même nombre de degrés de température, comme on l'a avancé vaguement. Cette assertion ferait supposer que, dans la zone tempérée, les lignes isothermes sont parallèles entre elles.

I. Parallèles de la Géorgie, du territoire du Mississipi, de la Basse-Égypte et de l'île de Madère.

	Latitude.	Temp. moy.
Natchez. . . .	31° 28′	18°,2
Funchal. . . .	32° 37′	20°,4
Orotava. . . .	28° 25′	21°,0
Rome. . . .	41° 53′	15°,8
Alger. . . .	36° 48′	21°,1
Différence. .	7° 0′	2°,3

		Latitude.	Temp. moy.
II. Parallèles de la Virginie, du Kentucky, de l'Espagne et de la Grèce méridionale.	Williamsbourg. .	38° 0′	14°,5
	Bordeaux . .	44° 50′	13°,6
	Montpellier. .	43° 36′	15°,2
	Rome. . . .	42° 53′	15°,8
	Alger. . . .	36° 48′	21°,1
	Différence. .	7° 0′	4°,5
III. Parallèles de la Pensylvanie, du New-Jersey, du Connecticut, de l'ancien Latium et de la Romélie.	Philadelphie. .	39° 56′	12°,7
	New-York. . .	40° 40′	12°,1
	Saint-Malo. . .	48° 39′	12°,5
	Nantes. . . .	47° 13′	12°,6
	Naples. . . .	40° 50′	17°,4
	Différence. .	7° 0′	5°,3
	Ipswich. . . .	42° 38′	10°,0
	Cambridge. . .	42° 25′	10°,2
	Vienne. . . .	48° 12′	10°,3
	Manheim. . .	49° 29′	10°,7
	Toulon. . . .	43° 7′	16°,7
	Rome. . . .	41° 53′	15°,8
	Différence. .	6° 30′	6°,1
IV. Parallèles du Canada, de la Nouvelle-Écosse, de la France et de l'Allemagne méridionale.	Québec. . . .	46° 47′	5°,5
	Upsal. . . .	59° 51′	5°,5
	Padoue. . . .	45° 24′	13°,7
	Paris.	48° 50′	10°,8
	Différence. .	13° 0′	7°,0
V. Parallèles du Labrador, de la Suède méridionale et de la Courlande.	Nain.	57° 0′	−3°,1
	Okak. . . .	57° 20′	−1°,2
	Umeo. . . .	63° 50′	+0°,7
	Enontekies. . .	68° 30′	−2°,8
	Édimbourg. . .	55° 57′	+8°,8
	Stockholm. . .	59° 20′	+5°,7
	Différence. .	11° 0′	9°,5

Ce tableau indique la différence des climats, exprimée par celles des températures moyennes et par le nombre de degrés en latitude qu'il faudrait remonter vers le nord, en Europe, pour trouver la même quantité de chaleur annuelle qu'en Amérique (33). Lorsqu'on n'a pu trouver, dans l'ancien continent, un lieu d'observation dont la température moyenne fût par exemple de 14°,5, comme celle de Williamsbourg, on a suppléé par une interpolation entre les latitudes de deux points dont les températures moyennes sont 13°,6 et 15°,2. Par une méthode analogue, et en n'employant que de bonnes observations, j'ai trouvé que :

La *ligne* ou *bande isotherme* de 0° passe entre Uleo et Enontekies en Laponie (latit. 66°—68°, longit. orient. 17°—20°) et Table-Baie, dans le Labrador (latit. 54° 0′, longit. occid. 60°);

La *ligne* ou *bande isotherme* de 5° passe près de Stockholm (latit. 60°, longit. orient. 15°), et la baie Saint-George, en Terre-Neuve (latit. 48° 0′, longit. occid. 61°);

La *ligne* ou *bande isotherme* de 10° passe par la Belgique (latit. 51°, longit 0°) et près de Boston (latit. 42° 30′, longit. occid. 73° 30′);

La *ligne* ou *bande isotherme* de 15° passe entre Rome et Florence (latit. 43° 0′, longit. orient. 9° 20′), et près de Raleigh, dans la Caroline septentrionale (latit. 36° 0′, longit. occid. 78° 50′).

La direction de ces lignes d'égale chaleur donne, pour les deux systèmes de température que nous connaissons par des observations précises, celui de l'Europe moyenne et occidentale, et celui de l'Amérique orientale, les différences suivantes :

Latitude.	Temp. moyenne Ouest de l'anc. contin.	Temp. moyenne Est du nouv. contin.	Différence.
30°	21°,4	19°,4	2°,0
40°	17°,3	12°,5	4°,8
50°	10°,5	3°,3	7°,0
60°	4°,8	—4°,6	9°,4

En prenant pour unité la température moyenne équatoriale, on trouve, d'après l'observation même, la moitié de cette température dans l'ancien continent à 45°, dans l'est du nouveau continent à 39° de latitude. Les températures moyennes décroissent :

	Dans l'anc. continent.	Dans le nouv. continent.
de 0°—20°	de 2°	de 2°
20°—30°	4°	6°
30°—40°	4°	7°
40°—50°	7°	9°
50°—60°	5°,5	7°,4
0°—60°	22°,5	31°,4

Dans les deux mondes, la zone où le décroissement de la température moyenne est le plus rapide se trouve comprise entre les parallèles de 40° et 45°. L'observation offre en cela un résultat entièrement conforme à la théorie, car la variation du carré du cosinus, qui exprime la loi de la température, est la plus grande possible vers les 45° de latitude. Cette circonstance doit influer favorablement sur la civilisation et l'industrie des peuples qui habitent les pays voisins du parallèle moyen. C'est le point où les régions des vignes touchent à celles des oliviers et des citronniers. Nulle part ailleurs sur le globe, en avançant du nord au sud, on ne voit ac-

croître plus sensiblement les températures; nulle part aussi les productions végétales et les objets variés de l'agriculture ne se succèdent avec plus de rapidité. Or une grande différence dans les productions des pays limitrophes vivifie le commerce et augmente l'industrie des peuples agriculteurs.

Nous avons tracé la direction des bandes isothermes, depuis l'Europe jusqu'aux provinces atlantiques du Nouveau-Monde; nous les voyons se rapprocher du parallélisme vers le sud, converger vers le nord, surtout entre les courbes thermométriques de 5° et de 10°. Tâchons à présent de poursuivre ces courbes vers l'ouest. L'Amérique septentrionale offre deux chaînes de montagnes, dirigées du nord-est au sud-ouest et du nord-ouest au sud-est, qui font des angles à peu près égaux avec les méridiens, et sont presque parallèles aux côtes situées à l'opposite de l'Europe et de l'Asie : la chaîne des Alleghanys et celle des Montagnes-Rocheuses, qui partagent les eaux du Missouri et du Colombia. Entre ces deux chaînes de montagnes s'étendent le vaste bassin du Mississipi et les plaines de la Louisiane, du Tennessee et de l'État de l'Ohio, centre d'une nouvelle civilisation. L'idée est généralement répandue dans le Nouveau-Monde qu'à l'ouest des Alleghanys le climat est plus doux sur les mêmes parallèles que dans les États atlantiques. M. Jefferson a évalué la différence à trois degrés de latitude. Les mêmes productions végétales, le Gleditsia Monosperma, le Catalpa, l'Aristolochia Sypho, avancent en effet de trois degrés plus au nord

dans le bassin de l'Ohio que sur les côtes de l'Atlantique (34). Volney a tâché d'expliquer ces phénomènes par la fréquence des vents du sud -ouest ,qui refoulent l'air chaud du golfe du Mexique vers ces régions. Une série de bonnes observations, faites pendant sept ans par le colonel Mansfield à Cincinnati, sur les bords de l'Ohio, et récemment publiées par M. Drake dans un excellent Traité de Météorologie américaine (35), a levé les doutes qui enveloppaient ce phénomène. Les moyennes thermométriques prouvent que les lignes isothermes ne se relèvent pas dans ces régions de l'ouest. La quantité de chaleur que reçoit chaque point du globe sous les mêmes parallèles est à peu près égale à l'est et à l'ouest des Alleghanys ; la différence consiste seulement en ce que les hivers, dans l'ouest, sont plus doux, et les étés un peu moins chauds (36). Les migrations des végétaux vers le nord sont favorisées, dans le bassin du Mississipi, par la forme et la direction de la vallée qui s'ouvre du nord au sud ; dans les provinces atlantiques, au contraire, les vallées sont transversales et opposent de grandes difficultés aux plantes qui ont à passer de l'une à l'autre.

Si les lignes isothermes restent parallèles ou presque parallèles à l'équateur terrestre, depuis les côtes atlantiques du Nouveau-Monde jusqu'à l'est du Mississipi et du Missouri, il n'est pas douteux qu'elles ne se relèvent au delà des Montagnes Rocheuses, sur les côtes opposées à l'Asie, entre le 35° et le 55° de latitude. Aux considérations que j'ai indiquées dans

mon ouvrage sur le Mexique (37) se joignent aujourd'hui les observations du capitaine Lewis et de quelques autres voyageurs anglo-américains qui ont passé l'hiver sur les bords du Colombia. Dans la Nouvelle-Californie, on cultive avec succès l'olivier le long du canal de Santa-Barbara, et la vigne depuis Monterey jusqu'au nord du parallèle de 37°, qui est celui de la baie de Chesapeak. A Noutka, dans l'île de Quadra-et-Vancouver, située presque sous la latitude du Labrador, les plus petites rivières ne gèlent pas avant le mois de janvier. Près de l'embouchure du Colombia, sous le parallèle de 46°, le capitaine Lewis ne vit les premières gelées que le 7 janvier ; le reste de l'hiver fut pluvieux. Par les 125° de longitude occidentale, la ligne isotherme de 10° paraît passer, presque comme dans la partie atlantique de l'ancien continent, à 50° de latitude. Les côtes occidentales des deux mondes se ressemblent jusqu'à un certain point (38). Mais ces relèvements des lignes isothermes ne s'étendent pas au delà des 60° ; la courbe de 0° de température se trouve déjà au sud du lac des Esclaves, et elle est encore plus australe en s'approchant du lac Supérieur et de l'Ontario.

En avançant de l'Europe vers l'est, les lignes isothermes s'abaissent de nouveau (39) : les points fixes sont rares. Nous ne pouvons mettre à profit que les résultats recueillis sur des lieux dont l'élévation est assez connue pour réduire les moyennes au niveau des mers. Ces matériaux, si peu nombreux qu'ils soient, nous ont permis pourtant de tracer les

courbes de 0° et de 13°. Nous connaissons même les nœuds de la dernière courbe autour du globe entier : elle passe au nord de Bordeaux (latit. 45°—46°, longit. occid. 2° 57′), près de Pékin (latit. 39° 54′, longit. orient. 114° 7′), et du cap Fowlweather, au sud de l'embouchure du Colombia (latit. 44° 40′, longit. occid. 106° 20′) : ses nœuds sont éloignés au moins de 162° en longitude.

Nous n'indiquons ici que les lois empiriques sous lesquelles se rangent les phénomènes généraux et les variations de température qui embrassent à la fois une vaste étendue du globe. Il existe des *inflexions partielles* des lignes isothermes qui forment pour ainsi dire des systèmes particuliers, modifiés par de petites causes locales : telles sont les inflexions bizarres des courbes thermométriques sur les côtes de la Méditerranée, entre Marseille, Gènes, Lucques et Rome (40) ; telles sont aussi celles qui déterminent la différence que l'on observe entre le climat des côtes occidentales et le climat de l'intérieur de la France. Ces dernières tiennent beaucoup moins à la quantité de chaleur que reçoit un point du globe pendant l'année entière, qu'à la distribution inégale de la chaleur entre l'hiver et l'été. Il sera utile un jour de tracer sur des cartes spéciales ces inflexions partielles des lignes isothermes, analogues aux lignes de sonde ou d'égale pente. L'emploi des moyens graphiques jettera beaucoup de jour sur des phénomènes qui sont du plus haut intérêt pour l'agriculture et pour l'état social des

habitants. Si, au lieu de cartes géographiques, nous ne possédions que des tables renfermant les coordonnées de latitude, de longitude et de hauteur, un grand nombre de rapports curieux, qu'offrent les continents dans leur configuration et leurs inégalités de surface, seraient restés à jamais inconnus.

Nous avons trouvé jusqu'ici que, vers le nord, les lignes isothermes ne sont ni parallèles à l'équateur ni parallèles entre elles, et c'est précisément à cause de ce manque de parallélisme que, pour simplifier l'aperçu de phénomènes si compliqués, nous avons cherché autour du globe entier les traces des courbes d'égale chaleur. La position de la ligne 0° agit comme l'équateur magnétique, dont les inflexions dans la mer du Sud modifient les inclinaisons à de grandes distances. On pourrait même croire que, dans la distribution des climats, la ligne 0° détermine la position de la *courbe de la plus grande chaleur*, qui est pour ainsi dire l'équateur isotherme, et qu'en Amérique et en Asie, par les 80° de longitude occidentale et 100° de longitude orientale, la zone torride commence, pour ainsi dire, plus au sud du tropique du Cancer, ou qu'elle y offre des chaleurs moins intenses. Un examen attentif des phénomènes prouve qu'il n'en est point ainsi. Partout où l'on approche de la zone torride, au-dessous du parallèle de 30°, les lignes isothermes deviennent peu à peu parallèles entre elles et à l'équateur terrestre. Les grands froids du Canada et de la Sibérie n'étendent pas leur action jusqu'aux plaines équatoriales. Si,

pendant longtemps, on a regardé l'ancien continent comme plus chaud entre les tropiques que le nouveau, c'est, 1° parce que, jusqu'à l'année 1760, les voyageurs se sont fréquemment servi du thermomètre à esprit-de-vin coloré et photoscopique; 2° parce qu'ils ont observé, soit dans le reflet d'un mur ou trop près du sol et au moment où l'atmosphère était remplie de sable; 3° parce qu'au lieu de calculer les vraies moyennes, on a jugé de la répartition de la chaleur d'après les *maxima* et les *minima* thermométriques. Les bonnes observations donnent :

Sénégambie. .	26°,5	Cumana. . .	27°,7
Madras. . . .	26°,9	Antilles. . .	27°,5
Batavia. . . .	26°,9	Véracruz. . .	25°,6
Manille. . . .	25°,6	Havane. . .	25°,6

La température moyenne de l'équateur ne doit pas être fixée au delà de 27°,5. Kirwan l'évalue un degré centésimal plus haut; mais on ne connaît que deux endroits de la terre, Chandernagor et Pondichéry, auxquels d'anciens voyageurs attribuent des températures annuelles au-dessus de 27°,5. A Chandernagor (41), le jésuite Boudier ne marquait que les jours où le thermomètre s'élevait au-dessus de 37° et au-dessous de 14°; à Pondichéry (42), Cossigny observa avec un thermomètre à esprit-de-vin.

La répartition de la chaleur entre les différentes parties de l'année diffère, non-seulement selon le décroissement des températures moyennes annuelles,

mais aussi sur une même ligne isotherme. C'est ce partage inégal qui caractérise les deux systèmes de climats de l'Europe et de l'Amérique atlantique. Sous la zone torride, un petit nombre de mois sont plus chauds dans l'ancien continent que dans le nouveau. A Madras, par exemple, selon Roxbourgh, la température moyenne du mois de juin est de 31°,9; elle est, à Abuschœr, de 34°,0; je ne l'ai trouvée, à Cumana, que de 29°,2.

Quant à la zone tempérée, on sait depuis longtemps que, du parallèle des îles Canaries au cercle polaire, la rigueur des hivers augmente dans une progression beaucoup plus rapide que les étés ne diminuent de chaleur. Il est également notoire que le climat des îles et des côtes diffère du climat de l'intérieur des continents, en ce que le premier est caractérisé par des hivers plus doux et des étés moins chauds. Or c'est la chaleur d'été surtout qui influe sur la formation de la matière amylacée et sucrée dans les fruits, et sur le choix des plantes soumises à la culture. Comme le but principal de ce Mémoire est de fixer, d'après de bonnes observations, les rapports numériques entre les quantités inégales de chaleur distribuées sur le globe, il nous reste à comparer les températures moyennes de trois mois d'hiver et d'été, sous différentes latitudes, et à faire voir en détail comment les inflexions des lignes isothermes modifient ces rapports. En suivant les courbes d'égale chaleur de l'ouest à l'est, depuis le bassin du Mississipi jusqu'aux côtes orientales de l'Asie, sur une

longueur de 4000 lieues, on est surpris de la grande régularité qui se manifeste dans les variations de la température hivernale.

I. *Différences des saisons, de l'Équateur au cercle polaire.*

	A. BANDE CISATLANTIQUE. (Long. 3° oc., et 15° or.)			B. BANDE TRANSATLANTIQUE. (Long. 60° — 74° oc.)		
	TEMPÉRATURE moyenne		DIFFÉRENCE.	TEMPÉRATURE moyenne		DIFFÉRENCE.
	de l'hiver.	de l'été.		de l'hiver.	de l'été.	
Lig. Isoth. de 20°	15°	27°	12°	12°	27°	15°
Lig. Isoth. de 15	7	23	16	4	26	22
Lig. Isoth. de 10	2	20	18	— 1	22	23
Lig. Isoth. de 5	— 4	16	20	— 10	19	29
Lig. Isoth. de 0	— 10	12	22	— 17	13	30

Ce tableau offre l'accroissement de la différence entre les étés et les hivers, depuis les 28° et 30° jusqu'aux parallèles de 55° et 65°. L'accroissement est plus rapide dans la bande transatlantique, où les lignes isothermes de 0° à 20° se trouvent rapprochées dans un espace plus étroit; mais il est remarquable que dans les deux bandes qui forment deux systèmes de climats différents, le partage de la température annuelle entre l'hiver et l'été se fait de manière que, sur la ligne isotherme de 0°, la différence des deux saisons est presque double de celle que l'on observe sur la ligne isotherme de 20°.

LIEUX.	BANDE CISATLANTIQUE. (Long. 29° or. et 20° oc.) LATITUDE.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	de l'été.	LIEUX.	BANDE TRANSATLANTIQUE. (Long. 67° or. et 97° oc.) LATITUDE.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	de l'été.
Pondichéry. . . .	11°55′	29°,6	25°,0	32°,5	Cumana.	10°27′	27°,7	27°,6	28°,7
Le Caire.	30 2	22 ,6	14 ,3	29 ,3	Havane.	23 10	25 ,6	21 ,8	28 ,5
Funchal (Madère). .	32 37	20 ,3	17 ,7	22 ,5	Natchez.	31 28	18 ,2	9 ,2	26 ,2
Rome.	41 53	15 ,8	7 ,7	24 ,0	Cincinnati. . . .	39 6	12 ,0	0 ,5	22 ,7
Bordeaux.	44 50	13 ,6	5 ,6	21 ,5	Philadelphie. . . .	39 56	11 ,9	0 ,1	23 ,3
Paris.	48 50	10 ,6	3 ,7	18 ,1	New-York.	40 40	12 ,1	— 1 ,2	26 ,2
Copenhague . . .	55 41	7 ,6	— 0 ,7	17 ,0	Cambridge. . . .	42 25	10 ,2	+ 1 ,1	21 ,4
Stockholm. . . .	59 20	5 ,7	— 3 ,6	16 ,6	Québec.	46 47	5 ,4	— 9 ,9	20 ,0
Drontheim. . . .	63 24	4 ,4	— 4 ,6	16 ,3	Nain.	57 10	—3 ,1	—18 ,0	9 ,1
Uméo.	63 50	0 ,7	—10 ,6	12 ,7	Fort Churchill. . .	59 2	—3 ,7	—14 ,0	11 ,2

Si, au lieu des températures moyennes des saisons, l'on considère, je ne dis pas les jours des maxima et des minima de l'année, qui sont les ordonnées des sommets concaves et convexes de la courbe entière, mais les températures moyennes du mois le plus chaud et du mois le plus froid, l'accroissement des différences devient beaucoup plus sensible encore. Nous engageons le lecteur à ne comparer, dans le tableau suivant, que les endroits qui appartiennent à des bandes limitées par les mêmes méridiens et par conséquent à un même *système de climats*, comme par exemple à la bande de l'Amérique orientale, à celle de l'Europe occidentale et de l'Asie orientale Il faut aussi avoir égard aux changements de température produits par les moussons dans une partie de la région équinoxiale, et distinguer, sous la zone tempérée, le climat de l'intérieur ou climat continental, et celui des îles et des côtes.

LIEUX.	LATITUDE.	TEMPÉRATURE MOYENNE du mois		DIFFÉRENCE.	OBSERVATIONS.
		le plus froid.	le plus chaud.		
Cumana.	10°27′	26°,7	29°,1	2°,4	Vents alizés, non interrompus.
Pondichéry. . . .	11 55	24 ,5	33 ,0	8 ,5	Moussons. Rayonnement des sables.
Manille.	14 36	20 ,0	30 ,5	10 ,5	Moussons.
Vera-Cruz. . . .	19 11	21 ,1	27 ,6	6 ,5	Vents du nord en hiver.
Cap Français. . .	19 46	25 ,0	30 ,0	5 ,0	Vents alizés, non interrompus.
Havane.	23 10	21 ,1	28 ,8	7 ,7	Vents du nord en hiver.
Funchal.	32 37	17 ,8	24 ,2	6 ,4	Climat des îles.
Natchez.	31 28	8 ,3	26 ,0	17 ,7	Bande transatlantique. Intérieur.
Cincinnati. . . .	39 6	— 0 ,8	23 ,6	24 ,4	Même système de climats.
Pékin.	39 54	— 4 ,0	29 ,0	33 ,0	Bande de l'Asie orientale.
Philadelphie. . . .	39 56	— 1 ,2	25 ,0	26 ,2	Bande transatlantique, côtes orientales.
New-York. . . .	40 40	— 3 ,7	27 ,1	30 ,8	*Idem.*
Rome.	41 53	+ 5 ,6	25 ,0	19 ,4	Bande cisatlantique.
Milan.	45 28	+ 1 ,0	24 ,0	23 ,0	Intérieur des terres.
Bude.	47 29	— 2 ,4	22 ,0	24 ,4	*Idem.*
Paris.	48 50	+ 2 ,3	18 ,5	16 ,2	Plus près des côtes occidentales.
Québec.	46 47	— 10 ,0	23 ,0	33 ,0	Bande transatlantique. Côtes orientales.
Dublin.	53 21	+ 3 ,1	15 ,7	12 ,6	Bande de l'Europe occid. Climat des îles.
Édimbourg. . . .	55 57	+ 3 ,5	15 ,2	11 ,7	*Idem.*
Varsovie.	52 14	— 2 ,7	21 ,3	24 ,0	Intérieur des terres.
Pétersbourg. . . .	59 56	— 13 ,0	18 ,7	31 ,7	Europe orientale.
Cap Nord.	71	— 5 ,5	8 ,1	13 ,6	Climat des côtes et des îles.

En général, pour un lieu donné, sur les courbes qui expriment les températures annuelles, les ordonnées des sommets concaves et convexes diffèrent d'autant plus entre elles que les températures sont plus petites. Dans le nouveau continent, sous les 40° de latitude, on trouve déjà plus de différence entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid de l'année, que dans l'ancien continent, de 56° à 59° de latitude, à Copenhague, par exemple, et à Stockholm. A Philadelphie, le thermomètre descend tous les ans à 10° ou 15° centésimaux au-dessous du point de la congélation, quand, sous le même parallèle en Europe, on observe à peine — 2°. J'ai tâché de prouver, dans un autre ouvrage, combien cette circonstance, qui caractérise les régions désignées par Buffon sous le nom de *climats excessifs*, influe sur la constitution physique des habitants. Aux États-Unis, les Européens, et l'on dirait presque les natifs mêmes du pays, éprouvent une grande difficulté à s'acclimater. Après des hivers très-rigoureux, non sous le rapport de la température générale, mais sous celui des abaissements extrêmes, l'irritabilité du système nerveux se trouve excessivement exaltée par les fortes chaleurs de l'été. De cette cause sans doute vient, en grande partie, la différence que l'on observe dans la propagation de la fièvre jaune et dans les formes particulières que présentent les typhus miasmatiques, sous l'équateur et dans la zone tempérée du nouveau monde (43). Sur les hautes montagnes, dans les îles de peu d'étendue et le long des côtes,

les lignes de température annuelle prennent à peu près la même forme que dans les climats chauds : elles sont cependant moins courbées; la différence entre les saisons devient plus petite. Au cap Nord, par 71° de latitude, sur la ligne isotherme de 0°, cette différence est presque de 6° moins grande qu'à Paris, par 49° de latitude, sur la ligne isotherme de 10°. Les vents de mer et les brouillards qui rendent les hivers si tempérés diminuent en même temps les ardeurs de l'été (44). Ce qui caractérise un climat n'est pas la différence entre les hivers et les étés exprimée en degrés thermométriques; c'est cette différence comparée aux quantités absolues que présentent les températures moyennes des saisons.

II. *Différences des Hivers et des Étés, en suivant, de l'Ouest à l'Est, une même ligne isotherme.*

Les différences entre les saisons de l'année sont moins grandes près des sommets convexes des courbes isothermes, là où ces courbes se relèvent vers le pôle nord, que près des sommets concaves. Les causes qui influent sur le relèvement ou la plus grande courbure des lignes isothermes, tendent aussi à égaliser les températures des saisons. L'Europe entière, comparée aux parties orientales de l'Amérique et de l'Asie, a ce que l'on appelle un climat des îles, et sur une même ligne isotherme, les étés deviennent plus chauds et les hivers plus froids, à mesure que, du méridien du Mont-Blanc, on avance

vers l'est ou vers l'ouest. L'Europe peut être regardée comme le prolongement occidental de l'ancien continent, et les parties occidentales de tous les continents ne sont pas seulement plus chaudes, à égales latitudes géographiques, que les parties orientales, mais même dans les zones d'égale température annuelle, les hivers sont plus rigoureux et les étés plus chauds sur les côtes orientales que sur les côtes occidentales des deux continents. La partie septentrionale de la Chine, comme la bande atlantique des États-Unis, offre des climats *excessifs*, des saisons fortement contrastées, tandis que les côtes de la Nouvelle-Californie et l'embouchure du Colombia ont des hivers et des étés presque également tempérés. La constitution météorologique de ces contrées du nord-ouest ressemble, jusqu'au parallèle de 50° à 52°, à celle de l'Europe; et sans vouloir attribuer les grandes révolutions de notre espèce uniquement à l'influence des climats, on peut affirmer cependant que la différence qui existe entre les côtes orientales et occidentales des continents, a favorisé l'antique civilisation des Américains de l'ouest, facilité leurs migrations vers le sud et multiplié ces rapports avec l'Asie orientale, qui se manifestent dans les monuments, les traditions religieuses et la division de l'année. En comparant, dans deux systèmes de climats, les sommets concaves et les sommets convexes des mêmes lignes isothermes, on trouve, à New-York, l'été de Rome et l'hiver de Copenhague; à Québec, l'été de Paris et l'hiver de Pétersbourg.

En Chine, par exemple à Pékin, où la température moyenne de l'année est celle des côtes de Bretagne, les ardeurs de l'été sont plus fortes qu'au Caire, et les hivers aussi rigoureux qu'à Upsal.

La température moyenne de l'année étant égale au quart de la somme thermométrique des températures hivernale, vernale, estivale et automnale, nous aurons sur une même ligne isotherme de 12° :

Au sommet concave, en Amérique (77° de long. occ. de Paris)

$$12° = \frac{0° + 11°,3 + 24°,2 + 12°,5}{4};$$

près du sommet convexe, en Europe (dans le mérid. de Paris)

$$12° = \frac{4°,5 + 11° + 20°,2 + 12°,3}{4};$$

au sommet concave, en Asie (114° de long. orient. de Paris)

$$12° = \frac{-4° + 12°,6 + 27° + 12°,4}{4}.$$

Cette analogie entre les côtes orientales de l'Asie et de l'Amérique, prouve suffisamment que les inégalités des saisons, dont nous tâchons de fixer les rapports numériques, ont pour cause le prolongement et l'élargissement des continents vers le pôle, le gisement des mers par rapport aux côtes, et la fréquence des vents nord-ouest, qui sont les *vents de remous* de la zone tempérée, non la proximité de quelque plateau, ou l'élévation des terres voisines. Les grands plateaux de l'Asie ne dépassent pas 52° de latitude, et, dans l'intérieur du nouveau continent, tout l'immense bassin limité par les Al-

leghanys et par les montagnes Rocheuses, et couvert de formations secondaires, n'a pas, d'après les nivellements faits dans le Kentucky, sur les rives du Monongahela et au lac Erié, 200 à 250 mètres de hauteur au-dessus du niveau de l'Océan (45).

Le tableau suivant indique, pour toute la zone tempérée habitable, le partage d'une même quantité de chaleur annuelle entre les deux saisons de l'été et de l'hiver. Les rapports qu'il renferme sont le résultat d'observations directes, ou d'interpolations entre un grand nombre d'observations faites dans des lieux très-voisins et situés sur un même méridien. On a suivi chaque courbe isotherme de l'ouest à l'est, en donnant la préférence aux endroits placés près des sommets de la courbe, comme présentant en même temps les plus grandes différences dans la distribution de la chaleur annuelle. Les longitudes sont comptées dans ce tableau, non d'après le méridien du Mont-Blanc, mais, selon l'usage commun, d'après le méridien de l'Observatoire de Paris.

LIGNES ISOTHERMES DE 0° — 20°.		TEMPÉRATURE moyenne de	
		l'hiver.	l'été.
Ligne isoth. de 20°.	Long. 84° 30′ Ouest ; lat. 29° 30′ (Floride).	12°	27°
	Long. 19° 16′ O. ; lat. 33° 37′ (Madère).	17,5	22,2
	Long. 0° 40′ E. ; lat. 36° 48′ (Afrique septent.)	15	27
Ligne isoth. de 17° ½.	Long. 92° O. ; lat. 32° 30′ (Mississipi).	8	25
	Long. 11° 51′ E. ; lat. 40° 50′ (Italie).	10	25
Ligne isoth. de 15°.	Long. 86° 30′ O. ; lat. 35° 30′ (Bassin de l'Ohio)	4	25,5
	Long. 1° — 2° E. ; lat. 43° 30′ (midi de la France).	7	24
Ligne isoth. de 12° ½.	Long. 87° O. ; lat. 38° 30′ (Amérique à l'O. des Alleghanys).	+ 1,5	24
	Long. 76° 30′ O. ; lat. 40° (Amérique à l'E. des Alleghanys).	+ 0,3	25
	Long. 3° 52′ O. ; lat. 47° 10′ (France occid.).	+ 5	20
	Long. 7° E. ; lat. 45° 30′ (Lombardie).	+ 1,5	23
	Long. 114° E. ; lat. 40° (Asie orientale).	— 3,0	28
Ligne isoth. de 10°.	Long. 86° 40′ O. ; lat. 41° 20′ (Amérique à l'O. des Alleghanys).	— 0,5	22
	Long. 73° 30′ O. ; lat. 42° 30′ (Amérique à l'E. des Alleghanys.	— 1,0	23
	Long. 9° O. ; lat. 52° 30′ (Irlande).	+ 4,0	15,3
	Long. 3° O. ; lat. 52° (Angleterre).	+ 3,0	17
	Long. 0° ; lat. 51° (Belgique).	+ 2,5	17,5
	Long. 16° 40′ ; lat. 48° 50′ (Hongrie).	— 0,5	21
	Long. 114° E. ; lat. 43° 30′ (Asie orientale).	— 5,0	26
Ligne isoth. de 7° ½.	Long. 73° 20′ O. ; lat. 44° 42′ (Amérique à l'E. des Alleghanys).	— 4,5	22
	Long. 4° 30′ O. ; lat. 57° (Écosse).	+ 2,3	13.6
	Long. 10° 15′ E. ; lat. 55° 4′ (Danemark).	— 0,7	17
	Long. 19° E. ; lat. 53° 5′ (Pologne).	— 2,2	19
Ligne isoth. de 5°.	Long. 73° 30′ O. ; lat. 47° (Canada).	—10	20
	Long. 7° E. ; lat. 62° 45° (Norwége occid.).	— 4	17
	Long. 15° E. ; lat. 60° 30′ (Suède).	— 4	16
	Long. 22° E. ; lat. 60° (Finlande).	— 5	17,5
	Long. 34° E. ; lat. 57° 45′ (Russie centrale).	—10,5	20
Ligne isoth. de 2° ½.	Long. 74° O. ; lat. 50° (Canada).	—14	16
	Long. 15° 45′ E, ; lat. 62° 30′ (Côtes occidentales du golfe de Bothnie).	— 8	14
	Long. 20° E. ; lat. 62° 50′ (Côtes orientales du golfe de Bothnie).	— 8,5	15
Ligne isoth. de 0°.	Long. 60° O., lat. 53° (Labrador).	—16	11
	Long. 17° 30′ E. ; lat. 65° (Suède).	—11,5	12
	Long. 23° E. ; lat. 71° (extrémité septentrionale de la Norwége).	— 4,5	6,5

En se rappelant que la température annuelle d'un lieu n'est autre chose que l'expression numérique de la moyenne des ordonnées, on peut imaginer une infinité de courbes entièrement dissemblables, sur lesquelles les douze ordonnées des mois offrent exactement la même moyenne. De cette considération l'on ne doit pas conclure qu'un endroit qui a l'hiver du midi de la France, c'est-à-dire dont la température moyenne de l'hiver est de 7°, puisse, par la compensation d'un été et d'un automne beaucoup moins chauds, avoir la température moyenne de Paris. Il est vrai que le rapport constant et uniforme qu'on observe, sur un même parallèle, entre les hauteurs solsticiales du soleil et la grandeur des arcs semi-diurnes, est diversement modifié par la position d'un lieu au centre d'un continent ou sur les côtes, par la fréquence de certains vents, et par la constitution d'une atmosphère plus ou moins favorable à la transmission de la lumière et au rayonnement du calorique terrestre : mais ces variations, dont l'imagination des voyageurs a souvent augmenté l'étendue réelle, ont un maximum que la nature ne dépasse point. Il est impossible de jeter les yeux sur le tableau précédent sans reconnaître que le partage de la chaleur annuelle entre l'hiver et l'été suit, sur chaque ligne isotherme, un *type* déterminé; que les déviations de ce type sont renfermées entre de certaines limites, et qu'elles sont soumises à une même loi sur les bandes qui passent par les sommets concaves ou convexes des lignes isothermes, par exemple, de 60° à 70° de lon-

gitude occidentale, de 3° à 6°, et par 114° de longitude orientale.

Voici les oscillations, ou les maxima et les minima observés dans le partage de la chaleur entre les saisons. J'ai ajouté les hivers et les étés moyens que l'on trouve à différents degrés de longitude, sur une même ligne isotherme.

		DEGRÉS de LONGITUDE examinés.	OSCILLATIONS OBSERVÉES DANS LES MOYENNES		MOYENNES CALCULÉES	
			des hivers.	des étés.	des hivers.	des étés.
Lignes isoth de.	0°	83°	—16° à — 4°	11° à 12°	—10°	11°,5
	5	107	—10 à — 4	17 à 20	— 7	18,5
	10	200	— 5 à + 3	17 à 26	— 1	21,5
	15	87	+ 4 à + 7	24 à 25	+ 5,5	24,0
	20	84	+12 à +15	22 à 27	+13,5	25,5

Les écarts autour de la moyenne, c'est-à-dire les inégalités des hivers sur une même ligne isotherme, augmentent à mesure que la chaleur annuelle diminue, depuis Alger jusqu'en Hollande, et depuis la Floride jusqu'en Pensylvanie. Les hivers de la courbe de 20° ne se trouvent pas sur celle de 15°; on ne rencontre pas les hivers de la courbe de 15° sur celle de 10°. En considérant isolément ce que l'on peut appeler un même *système de climat*, par exemple, la bande européenne, la bande transatlantique, ou celle de l'Asie orientale, les limites des variations deviennent plus étroites encore. Partout

où en Europe, sur 40° de longitude, la température moyenne s'élève :

à 15°	les hivers sont de	+ 7°	à + 8°; les étés de	23° à 24°
12° 1/2		+ 2°,5	à + 5°;	20° à 23°
10°		— 0°,5	à + 3°;	17° à 21°
7° 1/2		— 2°,0	à + 2°,3;	14° à 20°
5°		— 6°,5	à — 4°;	13° à 19°

En traçant 5 lignes isothermes, entre les parallèles de Rome et de Pétersbourg, l'hiver le plus froid qu'offre une de ces lignes ne se retrouve pas sur la ligne précédente. Dans cette partie du globe, les lieux dont la température annuelle est de 12°,5, n'ont pas un hiver au-dessous de 0°, qui déjà se fait sentir sur la ligne isotherme de 10°. Si, au lieu de s'arrêter à l'hiver le plus rigoureux qu'offre chaque courbe, on trace les lignes d'égale température hiémale (lignes isochimènes), ces lignes, loin de coïncider avec les lignes d'égale chaleur annuelle (lignes isothermes), font des oscillations autour d'elles. Comme les lignes isochimènes réunissent des points placés sur différentes lignes isothermes, on peut examiner jusqu'où s'étendent leurs sommets. En ne considérant toujours qu'un même système de climats, par exemple, la bande européenne, on reconnaît que les lignes d'égal hiver, dans le maximum de leurs oscillations, coupent des lignes isothermes qui diffèrent de 5°. En Belgique (46) (lat. géogr. 52°; lat. isoth. 11°), et même en Écosse (lat. géogr. 57°; lat. isoth. 7°,5), les hivers sont plus doux qu'à Milan

(lat. géogr. 45° 28′; lat. isoth. 13°,2), et dans une grande partie de la Lombardie. Plus au nord, dans la péninsule Scandinave, on rencontre trois systèmes de climats très-différents, savoir : 1° la bande des côtes occidentales de la Norwége, à l'ouest des montagnes; 2° la bande des côtes orientales de la Suède, à l'est des montagnes; 3° la bande des côtes occidentales de la Finlande, le long du golfe de Bothnie. M. de Buch nous a fait connaître la constitution atmosphérique de ces trois bandes, dans lesquelles l'accroissement le plus lent du froid hivernal se fait sentir de Drontheim au cap Nord, sur les côtes de l'ouest et du nord-est. Dans l'île de Magerœ (lat. isoth. 0), située à l'extrémité boréale de l'Europe, sous le parallèle de 71°, les hivers sont encore de 4° plus doux qu'à Pétersbourg (lat. isoth. 3°,8); mais la chaleur moyenne des étés n'y atteint pas celle des hivers de Montpellier (lat. isoth. 15°,2). Aux îles Færoe, sous les 62° de latitude géographique, les lacs se couvrent très-rarement de glaces; et à un hiver si tempéré succède un été pendant lequel il tombe souvent de la neige dans les plaines. Nulle part, en dehors des tropiques, le partage de la chaleur annuelle entre les saisons n'est plus égal. Dans la zone tempérée, sous des parallèles plus rapprochés des nôtres, l'Irlande offre un exemple plus frappant encore de la réunion d'hivers éminemment doux et d'étés froids et humides. Malgré la différence de 4° de latitude, les hivers y sont aussi doux qu'en Bretagne, tandis que la température moyenne des étés y est de 3° moins

élevée; c'est là un véritable climat maritime. Le mois d'août qui, dans la partie de l'Europe orientale, située sur la même ligne isotherme, en Hongrie, est de 22°, n'atteint à Dublin que 16° (47). La température moyenne du mois de janvier, qui n'est à Milan et dans une grande partie de la Lombardie, que de 2°, s'élève, en Irlande, à 3° ou 4°. Sur les côtes de Glenarm, situées sous le parallèle de Kœnigsberg (lat. 54° 56'), le myrte végète avec la même force qu'en Portugal (48): il y gèle à peine en hiver; mais les chaleurs d'été ne sont pas assez fortes pour faire mûrir la vigne.

Ces exemples suffisent à prouver que les lignes isochimènes s'écartent bien plus des parallèles terrestres que les lignes isothermes. Dans le système des climats européens, les latitudes géographiques de deux endroits qui ont la même température annuelle ne peuvent différer que de 4° à 5°, tandis que deux localités situées sur la même courbe isochimène peuvent, en latitude géographique, différer de 9° à 10°. Plus on avance vers l'est, et plus ces différences augmentent rapidement.

Les lignes d'égal été (courbes isothères) suivent une direction exactement contraire à celles des courbes isochimènes. Nous trouvons une même température d'été à Moskou, au centre de la Russie, et vers l'embouchure de la Loire, malgré la différence de 11° en latitude. Tel est l'effet du rayonnement de la terre, dans un vaste continent dépourvu de montagnes. Il est assez remarquable que les inflexions des lignes isothères, et la répartition des mers et

des continents sont telles sur le globe, que partout, dans l'Amérique septentrionale, en Europe et dans l'Asie orientale, la température moyenne des étés, entre 45° et 47°, ne s'écarte pas beaucoup de 18° centigrades. Les mêmes causes qui abaissent les courbes d'égale chaleur annuelle au Canada et dans le nord de la Chine, où la ligne isotherme de 11° à 12° correspond aux parallèles de 45° et 47°, tendent à relever les lignes d'égal été ou courbes isothères.

Si grande que puisse être l'influence du partage inégal de la chaleur entre les saisons sur l'état physique des peuples, le développement de leur industrie agricole et le choix des plantes soumises à la culture, je ne conseillerais pas de tracer la courbe des hivers et celle des étés sur la même carte que les lignes isothermes. Cette réunion ne serait pas plus heureuse que la réunion des lignes de déclinaison, d'inclinaison et d'égale intensité des forces magnétiques, qui cependant dépendent toutes les unes des autres. Au lieu de multiplier l'entrelacement de ces courbes, on se contentera d'ajouter aux lignes isothermes, près de leurs sommets, l'indication des températures moyennes d'été et d'hiver. C'est ainsi qu'en suivant la ligne de 10°, on trouvera marqué en Amérique, à l'ouest de Boston $\left(\frac{-1°}{+23°}\right)$, en Angleterre $\left(\frac{+8°}{+17°}\right)$, en Hongrie $\left(\frac{-0°,5}{+21°}\right)$, et en Chine $\left(\frac{-5°}{+26°}\right)$.

D'après ce que nous venons d'exposer sur les proportions fixes ou les limites plus ou moins étroites,

entre lesquelles se fait le partage de la chaleur annuelle sur une même courbe isotherme, on peut juger jusqu'à quel point il est permis de dire que le cafier, l'olivier et la vigne, pour être productifs, exigent des températures moyennes de 18°, 16° et 12°. Ces expressions ne sont précises qu'autant qu'il est question d'un même *système de climats*, par exemple de la partie de l'ancien continent qui se prolonge à l'ouest du méridien du Mont-Blanc, parce que, en fixant dans une bande peu étendue en longitude les températures annuelles, on détermine aussi la nature des étés et des hivers. On sait d'ailleurs que l'olivier, la vigne, les céréales et les arbres fruitiers exigent des conditions atmosphériques entièrement différentes. Parmi nos plantes cultivées, les unes, peu sensibles aux rigueurs de l'hiver, demandent des étés très-chauds, mais peu longs; d'autres exigent des étés plus longs que chauds : d'autres encore, assez indifférentes à la température de l'été, ne peuvent braver les grands froids de l'hiver. Il résulte de là que, sous le rapport de la culture des végétaux utiles à l'homme, il faut discuter trois choses pour chaque climat : la température moyenne de l'été entier, celle du mois le plus chaud, et celle du mois le plus froid.

J'ai publié les résultats numériques de cette discussion, dans mes *Prolegomena de distributione geographica Plantarum secundum cœli temperiem*, et je me bornerai ici à offrir comme exemples les limites de la culture de l'olivier et de la vigne. Le premier

est cultivé sur notre continent, entre les parallèles de 36° et 44°, partout où la température annuelle est de 17° à 14°,5 ; où la température moyenne du mois le plus froid n'est pas au-dessous de 5° à 6°; où celle de l'été entier est de 22° à 23°. Dans le Nouveau-Monde, la répartition de la chaleur entre les saisons est telle que, sur la ligne isotherme de 14°,5, le mois le plus froid est de 2°, et que le thermomètre y baisse même pendant plusieurs jours à — 10° et — 12°. La région des vins potables s'étend en Europe entre les lignes isothermes de 17° et 10°, qui correspondent aux latitudes de 36° et 48°. La culture de la vigne s'étend même, quoique avec moins d'avantage, jusqu'aux contrées dont la température annuelle descend à 9° et à 8°,6 ; la température d'hiver étant à + 1° ; celle d'été à 19° et 20°. Ces conditions météorologiques se trouvent remplies en Europe jusqu'au parallèle de 50°, et un peu au delà ; en Amérique, jusqu'à 40°. On a commencé, en effet, depuis quelques années, à faire de très-bon vin rouge à l'ouest de Washington, au delà de la première chaîne de montagnes, dans des vallées situées par 38°,54′. Sur le continent de l'Europe occidentale, les hivers dont la température moyenne est zéro ne commencent que sur des lignes isothermes de 9° à 10°, par les 51° et 52° de latitude; en Amérique, on les trouve déjà sur des lignes isothermes de 11° à 12°, par les parallèles de 40° et 41°.

Si, au lieu de considérer les inflexions générales des lignes isothermes, c'est-à-dire celles qui se pro-

pagent progressivement à de grandes distances en longitude, nous considérons les inflexions partielles ou les *systèmes particuliers de climats* répandus sur une étendue de terrain peu considérable, nous retrouvons encore les mêmes variations dans le partage de la chaleur annuelle entre les différentes saisons. Ces inflexions partielles sont les plus remarquables : 1° en Crimée, où le climat d'Odessa contraste avec celui des côtes sud-ouest de la Chersonnèse, abritées par les montagnes et propres à la culture de l'olivier et de l'oranger ; 2° le long du golfe de Gênes, depuis Toulon et les îles d'Hyères jusqu'à Nice et Bordighera (49), où le petit palmier maritime, le Chamærops, est à l'état sauvage, et où l'on cultive en grand le dattier, pour en obtenir, non des fruits, mais des palmes ou feuilles étiolées ; 3° en Angleterre, sur les côtes du Devonshire, où le port de Salcombe a été appelé, à cause de son climat tempéré, le Montpellier du nord, et où croissent, dans les South-Hams, des myrtes tels que le Camellia japonica, le Fuchsia coccinea et le Buddleja globosa (50), qui passent l'hiver, sans abri, en pleine terre ; 4° en France, sur les côtes occidentales de la Normandie et de la Bretagne. Dans le département du Finistère, l'arbousier, le grenadier, les Jucca gloriosa et aloïfolia, l'Erica mediterranea, l'Hortensia, le Fuchsia, le Dahlea, résistent en pleine terre à l'intempérie d'un hiver qui dure à peine quinze ou vingt jours, et qui succède à un été peu chaud. Pendant cet hiver si court, le thermomètre baisse quelquefois jusqu'à

— 8°. La séve monte dans les arbres dès le mois de février; mais, il gèle souvent encore au milieu de mai. Le Lavatera arborea se trouve sauvage à l'île des Glenans, de même que vis-à-vis de cette île, sur le continent, l'Astragalus bajonensis et le laurier-franc (Laurus nobilis) (51).

D'après des observations faites en Bretagne, pendant douze années, à Saint-Malo, à Nantes et à Brest, la température moyenne de cette péninsule est au-dessus de 13°,5. Dans l'intérieur de la France, en ne considérant toujours que des régions peu élevées au-dessus du niveau de l'Océan, il faut descendre 3° de latitude pour retrouver la même température annuelle.

On sait par les recherches d'Arthur Young, que malgré le relèvement considérable des deux lignes isothermes de 12° et 13° sur les côtes occidentales de la France (52), les lignes de culture de l'olivier, du maïs et de la vigne se dirigent dans un sens tout opposé, du sud-ouest au nord-est (53). Ce phénomène a été attribué avec raison au peu de chaleur qu'atteignent les étés le long du littoral (54), mais sans que l'on ait tenté jusqu'ici de réduire à des expressions numériques les rapports entre les saisons, dans l'intérieur et sur les côtes. Pour préparer ce travail, j'ai choisi huit lieux, dont les uns sont placés sur les mêmes parallèles géographiques, les autres sur le prolongement d'une même ligne isotherme. J'ai comparé les températures de l'hiver, de l'été et du mois le plus chaud : car un été d'une chaleur égale excite moins la force de la végétation qu'une grande chaleur

précédée par une saison froide. Les termes de comparaison ont été, le long de l'Atlantique, les côtes de Bretagne, depuis Saint-Malo et Saint-Brieux jusqu'à Vannes et Nantes, les Sables-d'Olonne, l'île d'Oléron, l'embouchure de la Garonne, et Dax dans le département des Landes; dans l'intérieur et sous les mêmes parallèles, Châlons-sur-Marne, Paris, Chartres, Troyes, Poitiers et Montauban. Plus au sud, les comparaisons deviennent inexactes, parce que la France, resserrée entre l'Océan et la Méditerranée, offre le long de ce dernier bassin, dans la belle région des oliviers, un système de climat particulier et très-différent de celui des côtes occidentales.

LIEUX DE L'INTÉRIEUR.	LATITUDE.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	de l'été.	du mois le plus chaud.	LIEUX DES CÔTES.	LATITUDE.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	de l'été.	du mois le plus chaud.
Châlons-s.-Marne.	48°57′	10°,3	2°,3	19°,2	19°,7	Saint-Malo. . .	48°39′	12°,5	5°,8	19°,4	19°,7
Paris.	48 50	10 ,6	3 ,7	18 ,5	19 ,7	Saint-Brieuc. . .	48 31	11 ,3	5 ,4	18 ,0	19 ,5
Chartres. . . .	48 26	10 ,4	2 ,8	18 ,1	18 ,7	Vannes. . . .	47 39	11 ,0	4 ,3	18 ,0	18 ,8
Troyes.	48 18	11 ,2	3 ,5	19 ,6	20 ,2	Nantes. . . .	47 13	12 ,6	4 ,7	20 ,3	21 ,4
Chinon.	47 26	11 ,9	3 ,7	20 ,6	21 ,2	La Rochelle. . .	46 14	11 ,7	4 ,6	19 ,2	19 ,5
Poitiers.	46 39	12 ,4	4 ,3	19 ,5	20 ,7	Oleron.	45 56	14 ,5	7 ,0	20 ,3	22 ,3
Vienne.	45 31	12 ,8	3 ,7	22	23	Bordeaux. . .	44 50	13 ,6	5 ,6	21 ,6	21 ,9
Montauban. . .	44 1	13 ,1	5 ,9	20 ,7	21 ,9	Dax.	43 42	12 ,3	6 ,9	19 ,6	20 ,5

Ces résultats sont tirés de 127000 observations thermométriques, faites avec 16 thermomètres d'une précision sans doute très-inégale. Mais en supposant, comme on peut le faire d'après la théorie des probabilités, que, dans des observations si multipliées, les erreurs causées par les imperfections des instruments, par la manière de les exposer et par quelque inexactitude dans les heures d'observation, se compensent en grande partie, on peut déterminer par interpolation, soit pour un même parallèle, soit pour une même ligne isotherme, l'hiver et l'été moyen de la côte et de l'intérieur. Cette comparaison donne :

			Hiver.	Été.	
I. Ligne isoth. de	11°,5	côtes;	4°,8;	18°,4	
		intér.;	3°,6;	20°,0	
	12°,6	côtes;	5°,2;	19°,6	
		intér.;	4°,0;	20°,2	
I. Paral. de.	47° à 49°	côtes;	5°,0;	19°,3;	temp. ann. 11°,8
		intér.;	3°,2;	19°,2	10°,9
	45° à 46° 1/2	côtes;	5°,7;	19°,9	13°,2
		intér.;	4°,0;	20°,7	12°,6

Comme les lignes isothermes se relèvent vers les côtes occidentales de la France, c'est-à-dire comme la température moyenne de l'année y est plus grande que sous la même latitude dans l'intérieur des terres, on devait s'attendre qu'en avançant de l'est à l'ouest, sur un même parallèle, on ne verrait point diminuer la chaleur des étés. Mais la proximité de la mer et les autres causes qui produisent le relèvement des lignes isothermes tendent à augmenter la douceur

des hivers, et agissent en sens contraire sur les étés. Si le partage de la chaleur entre ces saisons était égal en Bretagne et dans l'Orléanais, dans le *climat des côtes*, et dans le *climat continental*, on devrait, à même latitude, trouver à la fois plus chauds les hivers et les étés, le long du littoral. En suivant les mêmes lignes isothermes, on reconnaît facilement, dans le tableau précédent, que les hivers sont plus froids à l'intérieur des terres, et les étés plus tempérés sur les côtes, Ces observations thermométriques confirment, en général, l'opinion populaire sur le climat du littoral; mais en se rappelant les cultures et le développement de la végétation le long des côtes et dans l'intérieur de la France, on s'attendrait à des différences de température beaucoup plus grandes. On est frappé de trouver ces différences égales seulement, pour les hivers et les étés, à 1°, c'est-à-dire à un quart de celle qui existe entre les températures moyennes des hivers ou des étés à Montpellier et à Paris. J'exposerai plus bas, en parlant des limites qu'atteint la culture des plantes sur les montagnes, la véritable cause de cette contradiction apparente. Il suffit de rappeler ici que nos instruments météorologiques n'évaluent aucunement la quantité de chaleur que la lumière directe produit, par un air sec et pur, dans le parenchyme plus ou moins coloré des feuilles et des fruits. Par une même température moyenne de l'atmosphère, le développement de la végétation est retardé ou accéléré, selon que le ciel est brumeux ou serein, selon que, pendant des semaines entières,

la surface de la terre ne reçoit que de la lumière diffuse, ou qu'elle est frappée par les rayons directs du soleil. C'est de la transparence de l'atmosphère et du degré d'extinction de la lumière que dépendent en grande partie ces phénomènes de la vie végétale, dont les contrastes nous surprennent dans les îles et dans l'intérieur des continents, dans les plaines et sur le sommet des montagnes. En négligeant les considérations photométriques, en n'appréciant ni la production de la chaleur dans l'intérieur des corps, ni l'effet du rayonnement nocturne par un ciel serein ou couvert, on aurait de la peine à reconnaître, dans les seuls rapports numériques des températures observées en hiver et en été, à Londres et à Paris, les causes de la différence frappante qui se manifeste en France et en Angleterre, dans la culture de la vigne, dans celle du pêcher et de plusieurs autres arbres fruitiers (55). Lorsqu'il s'agit de la vie organique des plantes et des animaux, il faut examiner soigneusement tous les agents extérieurs qui modifient leurs actions vitales. Les rapports entre les températures moyennes des mois ne suffisent pas pour caractériser le climat. Son influence se compose de l'action simultanée de toutes les forces physiques, et dépend à la fois de la chaleur, de l'humidité, de la lumière, de la tension électrique des vapeurs et de la pression variable de l'atmosphère. C'est cette pression qui, sur le sommet des montagnes, modifie la transpiration des plantes et jusqu'au développement des organes exhalants. En faisant connaître les lois

empiriques de la répartition de la chaleur sur le globe, telles qu'on peut les déduire des variations thermométriques de l'air, nous sommes loin de considérer ces lois comme les seules propres à résoudre l'ensemble des problèmes climatologiques. La plupart des phénomènes de la nature offrent deux parties distinctes : l'une, qu'on ne peut soumettre à un calcul exact, l'autre, qu'on ne peut atteindre que par la voie de l'induction et de l'analogie.

Nous venons de discuter le partage de la chaleur entre l'hiver et l'été sur une même ligne isotherme ; il nous reste à indiquer les rapports numériques entre les températures moyennes du printemps et de l'hiver, entre celles de l'année entière et du mois le plus chaud. Depuis le parallèle de Rome jusqu'à celui de Stockholm, par conséquent entre les lignes isothermes de 16° et 5°, la différence des mois d'avril et de mai est partout de 6° à 7° ; de tous les mois qui se succèdent immédiatement, ce sont ceux qui offrent l'accroissement de température le plus rapide. Or comme dans les régions boréales, par exemple en Suède, le mois d'avril n'est que de 3°, les 6° ou 7° qu'ajoute le mois de mai y produisent nécessairement un effet bien plus grand sur le développement de la végétation que dans le midi de l'Europe, où la température moyenne d'avril est de 12° à 13° (56). C'est par une cause analogue qu'en passant de l'ombre au soleil, soit dans nos climats en hiver, soit entre les tropiques sur le dos des Cordillères (57), nous sommes plus affectés de la différence de température

qu'en été et dans les plaines, bien que dans les deux cas la différence thermométrique soit la même, par exemple de 3° à 4°. Près du cercle polaire, non-seulement l'accroissement de la chaleur vernale est plus sensible encore, mais il se prolonge progressivement jusqu'au mois de juin. A Drontheim, en Norwége, les températures d'avril et de mai, comme celles de mai et de juin, diffèrent, non de 6° ou 7°, mais de 8° à 9°.

En distinguant, sur une même ligne isotherme, les endroits qui s'approchent des sommets concaves ou convexes de cette ligne, et, dans un même système de climats, les régions boréales et australes, on trouve : 1° que l'accroissement de la température vernale est considérable (de 7° à 8° dans l'espace d'un mois), et régulièrement prolongé, partout où le partage de la chaleur annuelle entre les saisons est très-inégal, comme dans le nord de l'Europe et dans la partie tempérée des États-Unis ; 2° que cet accroissement est considérable (au moins supérieur à 5° ou 6°), mais peu prolongé, dans l'Europe tempérée ; 3° qu'il est faible (à peine de 4°), et régulièrement prolongé partout où règne le climat des îles ; 4° enfin que dans chaque système de climats, c'est-à-dire dans des bandes renfermées entre les mêmes méridiens, l'accroissement vernal est plus petit et moins également prolongé par les basses latitudes que par les hautes. La seule bande isotherme de 12° à 13° peut servir d'exemple pour constater ces diverses modifications du printemps. Dans l'Asie orientale, près du sommet concave, les différences de température entre les quatre mois

de mars, d'avril, de mai et de juin sont très-grandes et très-égales; elles sont de 8°,7; 7°,4; 7°,7. En avançant du côté de l'ouest, vers l'Europe, la ligne isotherme se relève; et dans l'intérieur des terres, près du sommet convexe, l'accroissement est encore très-grand, mais peu prolongé, c'est-à-dire que des quatre mois qui se succèdent, il n'y en a que deux dont la différence s'élève à 7°; on trouve 5°,2; 7°,4; 2°,3. Plus loin à l'ouest, vers les côtes, les différences deviennent petites et égales; elles sont de 2°,0; 3°,6; 3°,1. En traversant l'Atlantique, on s'approche du sommet concave occidental de la ligne isotherme de 12°. L'accroissement vernal se montre de nouveau presque aussi grand et aussi prolongé que près du sommet concave asiatique; on trouve pour la différence des quatre mois: 5°,8; 7°,7; 6°,0. Dans la courbe de la température annuelle, le printemps et l'automne désignent les passages du minimum et du maximum. Les accroissements sont naturellement plus lents près des sommets que dans la partie intermédiaire de la courbe; ils sont d'autant plus grands et d'autant plus durables, dans cette partie, que les ordonnées extrêmes de la courbe diffèrent davantage. Le décroissement automnal de la température est moins rapide que l'accroissement vernal, parce que la surface de la terre acquiert le maximum de chaleur plus tard que l'atmosphère, et que, malgré la sérénité de l'air qui règne en automne, la terre ne perd que lentement, par l'effet du rayonnement, la chaleur acquise. Le tableau suivant prouve l'uniformité de ces lois.

LIEUX.	LATITUDE.	MARS.	AVRIL.	MAI.	JUIN.	DIFFÉRENCES DE TEMPÉRATURE des quatre mois.			TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.
1er GROUPE. SOMMETS CONCAVES EN AMÉRIQUE.									
Natchez. . .	31°28′	14°,4	19°,0	22°,6	26°,4	4°,6	3°,4	4°,0	18°,2
Williamsburg.	37 18	8 ,0	16 ,2	19 ,2	25 ,4	8 ,2	3 ,0	6 ,2	14 ,5
Cincinnati. .	39 0	6 ,5	14 ,1	16 ,2	21 ,6	7 ,6	2 ,0	5 ,4	12 ,1
Philadelphie .	39 56	6 ,7	12 ,0	16 ,7	22 ,4	5 ,3	4 ,7	5 ,7	12 ,0
New-York. .	40 40	3 ,7	9 ,5	18 ,8	26 ,8	5 ,8	9 ,3	8 ,0	12 ,1
Cambridge. .	42 25	1 ,4	7 ,5	13 ,8	21 ,2	6 ,1	6 ,3	7 ,4	10 ,2
Québec. . .	46 47	— 5 ,0	4 ,2	12 ,6	17 ,7	9 ,2	8 ,4	5 ,1	5 ,4
Nain. . . .	57 0	—14 ,0	—2 ,5	2 ,8	6 ,3	11 ,5	5 ,3	4 ,5	—3 ,1
2e GROUPE. SOMMETS CONVEXES EN EUROPE.									
Climat continental.									
Rome. . . .	41 53	10 ,2	13 ,0	19 ,4	22 ,4	2 ,8	6 ,4	3 ,0	15 ,8
Milan. . . .	45 28	8 ,8	10 ,6	18 ,4	21 ,4	4 ,3	5 ,3	3 ,0	13 ,2
Genève. . .	46 12	4 ,2	7 ,6	14 ,5	16 ,8	3 ,4	6 ,9	2 ,3	9 ,6
Bude. . . .	47 29	3 ,5	9 ,5	18 ,2	20 ,2	6 ,0	8 ,7	2 ,0	10 ,6
Paris. . . .	48 50	5 ,7	9 ,0	15 ,6	18 ,0	4 ,7	6 ,6	2 ,4	10 ,6
Gœttingue. .	51 32	1 ,2	6 ,8	14 ,3	16 ,8	5 ,6	7 ,5	2 ,5	8 ,3
Upsal. . . .	59 51	— 1 ,4	4 ,3	9 ,3	14 ,4	5 ,7	5 ,0	5 ,1	5 ,5
Pétersbourg. .	59 56	— 2 ,5	2 ,8	10 ,1	15 ,2	5 ,3	7 ,3	5 ,1	3 ,8
Umeo. . . .	63 50	— 5 ,0	1 ,2	6 ,5	12 ,8	6 ,2	5 ,3	6 ,3	0 ,7
Uléo. . . .	65 0	—10 ,0	—3 ,2	5 ,0	12 ,8	6 ,8	8 ,2	7 ,8	0, 6
Enontekies. .	68 30	—11 ,4	—3 ,0	2 ,5	9 ,7	8 ,4	5 ,5	7 ,2	—2 ,8
Climat des côtes.									
Nantes. . .	47 13	10 ,0	12 ,0	15 ,6	18 ,7	2 ,0	3 ,6	3 ,1	12 ,6
Londres. . .	51 30	6 ,8	9 ,9	13 ,6	17 ,3	3 ,1	3 ,7	3 ,7	10 ,9
Dublin. . .	53 21	5 ,5	7 ,4	11 ,0	13 ,2	1 ,9	3 ,6	2 ,2	9 ,1
Édimbourg. .	55 57	5 ,2	8 ,5	10 ,3	14 ,0	3 ,2	1 ,8	3 ,7	8 ,8
Cap Nord. .	71 0	— 4 ,0	—1 ,1	1 ,1	4 ,5	2 ,9	2 ,2	3 ,4	0 ,0
3e GROUPE. SOMMET CONCAVE D'ASIE.									
Pékin. . . .	39 54	5 ,2	13 ,9	21 ,3	29 ,0	8 ,7	7 ,4	7 ,7	12 ,7

Dans tous les lieux dont la température moyenne est au-dessous de 17°, le réveil de la nature a lieu au printemps, dans le mois dont la température moyenne atteint 6° à 8°.

Lorsqu'un mois atteint :

5°,5, on voit fleurir le pêcher (Amygdalus persica);
8°,2, — le prunier (Prunus domestica);
11°,0, on voit pousser les feuilles du bouleau (Betula alba) (58).

A Rome, c'est le mois de mars; à Paris, le commencement de mai; à Upsal, le milieu de juin, qui atteignent la température moyenne de 11°. Près de l'hospice du Saint-Gothard, le bouleau ne peut végéter, parce que le mois le plus chaud de l'année y atteint à peine 8°. L'orge, pour être cultivée avec quelque avantage, demande pendant quatre-vingt-dix jours une température moyenne de 8°,5 à 9° (59). En additionnant les températures moyennes des mois au-dessus de 11°, c'est-à-dire les températures des mois dans lesquels végètent les arbres qui se dépouillent de leurs feuilles, on a une mesure assez exacte de la force et de la durée de la végétation. Plus on avance vers le nord, et plus devient court l'espace de temps auquel la vie végétale est restreinte. Dans le midi de la France, il y a deux cent soixante-dix jours de l'année dont la température moyenne dépasse 11°, c'est-à-dire est telle que l'exige le bouleau pour développer ses premières feuilles. A Saint-Pétersbourg, le nombre de ces jours n'est que de cent vingt. Ces deux *cycles de végétation* si inégaux

ont une température moyenne qui ne diffère que de 3°, et même ce manque de chaleur est compensé par les effets de la lumière directe, qui agit sur le parenchyme des plantes proportionnellement à la longueur des jours. En comparant, dans le tableau suivant, l'Asie orientale, l'Europe et l'Amérique, on reconnaîtra, par l'accroissement de la chaleur pendant le cycle de végétation, les points où les lignes isothermes ont leurs sommets concaves. La connaissance exacte de ces cycles répand plus de jour sur les problèmes de la géographie agricole que l'examen des seules températures d'été.

BANDES D'ÉGALE CHALEUR.	LIEUX.	LATITUDE.	TEMPÉRATURE moyenne DE L'ANNÉE.	SOMME des TEMPÉRATURES moyennes des mois qui atteignent 11°.	NOMBRE DE CES MOIS.	TEMPÉRATURE moyenne des jours qui atteignent 11°.	TEMPÉRATURE moyenne du mois le plus chaud.	OBSERVATIONS.
Ligne isoth. de 15°.	Rome. . .	41°53′	15°,8	164°	9	18°,2	25°,0	Bassin de la Méditerranée.
	Nîmes. . .	43 50	15 ,7	170	9	18 ,8	25 ,7	*Idem.*
Ligne isoth. de 12°.	Pékin. . .	39°54′	12°,7	153	7	21°,8	29°,0	Sommet concave oriental.
	Poitiers. . .	46 34	12 ,4	113	7	16 ,0	20 ,7	Sommet convexe.
	Nantes. . .	47 13	12 ,6	119	7	17 ,0	21 ,0	*Idem*; côtes.
	Saint-Malo. .	48 39	12 ,1	115	7	16 ,4	20 ,2	*Idem.*
	Philadelphie.	39 56	11 ,9	133	7	19 ,0	25 ,0	Sommet concave occidental.
	Cincinnati. .	39 6	12 ,1	130	7	18 ,6	23 ,5	*Idem.*
Ligne isoth. de 10°.	Londres. . .	51°30′	11°,0	95	6	15°,9	18°,0	Climat des îles.
	Paris. . . .	48 50	10 ,6	100	6	16 ,6	18 ,5	Assez près des côtes.
	Bude. . . .	47 29	10 ,6	110	5⅔	18 ,1	22 ,2	Intérieur.
Ligne isoth. de 9°.	Genève. . .	46°12′	9°,6	84	5	16°,8	19°,2	Intérieur.
	Dublin. . .	53 21	9 ,3	68	5	13 ,6	16 ,0	Climat des côtes.
	Édimbourg .	55 57	8 ,8	66	5	13 ,2	15 ,2	*Idem.*
Ligne isoth. de 5°.	Upsala. . .	59°51′	5°,5	56	4	14°,0	16°,6	Sommet convexe.
	Québec. . .	46 47	5 ,4	88	5	17 ,6	23 ,0	Sommet concave occidental.
Ligne isoth. de 0°.	Pétersbourg.	59°56′	3°,8	60	4	15°,0	18°,7	Europe orientale.
	Uméo. . .	53 50	0 ,7	30	2	15 ,0	17 ,0	Côtes or. du golfe de Bothnie.
	Cap Nord. .	71 0	0 ,0	0	0	0	8 ,1	Climat des îles.
	Énontékies. .	68 30	— 2 ,8	29	2	14 ,5	15 ,3	Climat continental.

Dans le système des climats européens, depuis Rome jusqu'à Upsal, entre les lignes isothermes des 15° et 5°, le mois le plus chaud ajoute 9° ou 10° à la température moyenne de l'année. Plus au nord, les accroissements sont plus considérables encore, ainsi que dans l'Asie orientale et en Amérique, où les lignes isothermes se replient vers l'équateur.

De même que deux heures du jour indiquent la température de la journée entière, il y a nécessairement aussi deux époques de l'année dont la température moyenne égale celle de l'année entière. D'après les moyennes de dix années d'observations, cette température de l'année se trouve à Bude, en Hongrie, du 15 au 20 avril et du 15 au 27 octobre; à Milan, du 10 au 15 avril et du 18 au 25 octobre. Les ordonnées des décades de chaque mois peuvent être regardées comme fonctions des ordonnées moyennes. En considérant les températures des mois entiers, on trouve que, jusqu'à la bande isotherme de 2°, la température du mois d'octobre coïncide généralement, à moins d'un degré, avec celle de l'année. Le tableau suivant prouve que ce n'est pas, comme l'affirme Kirwan, le mois d'avril, qui approche le plus souvent de la chaleur annuelle (60).

LIEUX.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	d'octobre.	d'avril.	LIEUX.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	d'octobre.	d'avril.
Le Caire.	22°,4	22°,4	25°,5	Gœttingue.	8°,3	8°,4	6°,9
Alger.	21 ,0	22 ,3	17 ,0	Franecker.	11 ,3	12 ,7	10 ,0
Natchez.	18 ,9	20 ,2	19 ,1	Copenhague.	7 ,6	9 ,3	5 ,0
Rome.	15 ,8	16 ,7	13 ,0	Stockholm.	5 ,7	5 ,8	3 ,6
Milan.	13 ,2	14 ,5	13 ,1	Christiania.	5 ,9	4 ,0	5 ,9
Cincinnati..	12 ,0	12 ,7	13 ,8	Upsal.	5 ,4	6 ,3	4 ,3
Philadelphie.	11 ,9	12 ,2	12 ,0	Québec.	5 ,5	6 ,0	4 ,2
New-York.	12 ,1	12 ,5	9 ,5	Pétersbourg.	3 ,8	3 ,9	2 ,8
Pékin.	12 ,6	13 ,0	13 ,9	Abo.	5 ,2	5 ,0	4 ,9
Bude.	10 ,6	11 ,3	9 ,5	Drontheim.	4 ,4	4 ,0	1 ,3
Londres.	11 ,0	11 ,3	9 ,9	Uléo.	0 ,6	3 ,3	1 ,2
Paris.	10 ,6	10 ,7	9 ,0	Uméo.	0 ,7	3 ,2	1 ,1
Genève.	9 ,6	9 ,6	7 ,6	Cap Nord.	0 ,0	0 ,0	— 1 ,0
Dublin.	9 ,2	9 ,3	7 ,4	Énontékies.	— 2 ,8	— 2 ,5	— 3 ,0
Édimbourg.	8 ,8	9 ,0	8 ,3	Nain.	— 3 ,1	+ 0 ,6	— 2 ,5

Comme il est rare que les voyageurs puissent fournir des observations propres à donner immédiatement la température de l'année entière, il est utile de faire connaître les rapports constants qui existent, dans chaque système de climats, entre les températures vernale ou automnale et la température annuelle.

Quant à la quantité de chaleur que reçoit un même point du globe, elle est beaucoup plus égale pendant une longue suite d'années qu'on ne serait tenté de le croire d'après le témoignage de nos sensations et le produit variable des récoltes. Dans un lieu donné, les nombres des jours pendant lesquels soufflent les vents nord-est ou sud-ouest conservent un rapport assez constant, parce que la direction et la force de ces vents, qui amènent de l'air plus froid ou plus chaud, dépendent de causes générales, telles que la déclinaison du soleil, la configuration des côtes, et le gisement des continents voisins. C'est moins souvent une diminution dans la température moyenne de l'année entière qu'un changement extraordinaire dans la répartition de la chaleur entre les différents mois qui amène de mauvaises récoltes. En examinant des séries de bonnes observations météorologiques, faites pendant dix ou douze années, par les parallèles des 47° et 49°, on trouve que les températures annuelles ne varient généralement que de 1° à 1°,5 ; celles des hivers et des étés, de 2° à 3° ; celles des mois d'été et d'automne, de 3° à 4° ; celle des mois d'hiver, de 5° à 6°. A Genève, les températures

moyennes de vingt années (1796-1815) ont été de 9°,6; 10°,3; 10°,0; 9°,3; 10°,3; 10°,6; 10°,5; 10°,2; 10°,6; 8°,8; 10°,8; 9°,6; 8°,3; 9°,4; 10°,6; 10°,9; 8°,8; 9°,2; 9°,0; 10°,0 : moyenne de ces vingt années, 9°,8. Si, dans nos climats, les oscillations thermométriques sont d'un sixième de la température annuelle, sous les tropiques elles ne sont pas d'un vingt-cinquième. J'ai calculé pour Paris, pendant onze années, les variations thermométriques de l'année, de l'hiver, de l'été, du mois le plus froid, du mois le plus chaud, et du mois qui représente à peu près la température moyenne annuelle. Voici les résultats que j'ai obtenus :

OBSERVATIONS DE MM. BOUVARD, ARAGO ET MATHIEU.	TEMPÉRATURES MOYENNES					
	de l'année.	de l'hiver.	de l'été.	de janvier.	d'août.	d'octobre.
Paris . . 1803	10°,6	2°,6	19°,8	1°,3	19°,8	10°,3
— . . 1804	11 ,1	5 ,0	18 ,6	6 ,6	18 ,1	11 ,5
— . . 1805	9 ,7	2 ,2	17 ,3	1 ,6	18 ,2	9 ,6
— . . 1806	11 ,9	4 ,8	18 ,5	6 ,1	18 ,1	11 ,0
— . . 1807	10 ,8	5 ,7	19 ,9	2 ,3	21 ,4	12 ,4
— . . 1808	10 ,3	2 ,6	19 ,0	2 ,4	19 ,2	9 ,0
— . . 1809	10 ,5	4 ,7	16 ,9	4 ,9	17 ,9	9 ,8
— . . 1810	10 ,5	2 ,5	17 ,4	—0 ,8	17 ,6	11 ,6
— . . 1811	11 ,5	4 ,2	18 ,4	—0 ,3	17 ,6	14 ,2
— . . 1812	9 ,9	4 ,2	17 ,3	1 ,5	17 ,9	10 ,6
— . . 1813	9 ,9	2 ,3	16 ,5	0 ,3	17 ,0	11 ,7
Moyenne de ces 11 années. .	10 ,6	3 ,6	18 ,1	2 ,2	18 ,4	10 ,4

A Genève, les températures moyennes des étés ont été en sept années (1803—1809), de 19°,6; 18°,9; 16°,8; 18°,7; 20°,1; 17°,1; 17°,2 : moyenne, 18°,3. M. Arago a trouvé que, dans les deux années 1815 et 1816, dont la dernière a été si funeste aux récoltes dans une grande partie de la France, la différence de la température moyenne annuelle n'a été que de 1°,1; celle des étés, que de 1°,8 (61). La chaleur estivale de 1816 a été, à Paris, de 15°,5, par conséquent de 2°,8 au-dessous de la moyenne des étés. De 1803 à 1813, les oscillations autour de la moyenne n'avaient pas dépassé — 1°,6 et + 1°,9.

En comparant les endroits qui appartiennent à un même système de climats, bien qu'éloignés entre eux de plus de 80 lieues, on reconnaît que, sans offrir cependant les mêmes quantités thermométriques, les variations se font sentir assez uniformément en plus ou en moins, tant dans la température de l'année entière que dans celle des diverses saisons.

ANNÉES.	PARIS.		GENÈVE.		PARIS.		GENÈVE.		PARIS.		GENÈVE.	
	TEMPÉRATURE moyenne annuelle.	DIFFÉRENCE avec la moyenne de 12 ans (10°,6).	TEMPÉRATURE moyenne annuelle.	DIFFÉRENCE avec la moyenne de 12 ans (9°,8).	TEMPÉRATURE moyenne de l'hiver.	DIFFÉRENCE avec l'hiver moyen (3°,7).	TEMPÉRATURE moyenne de l'hiver.	DIFFÉRENCE avec l'hiver moyen (1°,6).	TEMPÉRATURE moyenne de l'été.	DIFFÉRENCE avec l'été moyen (18°,1).	TEMPÉRATURE moyenne de l'été.	DIFFÉRENCE avec l'été moyen (18°,3).
1803	10°,6	0°	10°,2	+0°,4	2°,6	—0°,9	0°,1	—1°,5	19°,8	+1°,7	19°,8	+1°,5
1804	11 ,1	+0 ,5	10 ,6	+0 ,8	5 ,0	+1 ,3	3 ,5	+1 ,9	18 ,6	+0 ,5	19 ,0	+0 ,7
1805	9 ,7	—0 ,9	8 ,8	—1 ,0	2 ,2	—1 ,5	1 ,0	—0 ,6	17 ,3	—0 ,8	17 ,2	—1 ,1
1806	11 ,9	+1 ,3	10 ,8	+1 ,0	4 ,8	+1 ,1	3 ,6	+2 ,0	18 ,5	+0 ,4	18 ,1	—0 ,2
1807	10 ,8	+0 ,2	9 ,6	—0 ,2	5 ,7	+2 ,0	2 ,1	+0 ,5	19 ,9	+1 ,8	20 ,1	+1 ,7
1808	10 ,3	—0 ,3	8 ,2	—1 ,6	2 ,6	—1 ,1	1 ,0	—0 ,6	19 ,0	+0 ,9	17 ,6	—0 ,7
1809	10 ,5	—0 ,1	9 ,3	—0 ,5	4 ,7	+1 ,0	1 ,7	+0 ,1	16 ,9	—1 ,2	17 ,3	
1810	10 ,5	—0 ,1	10 ,6	+0 ,8	2 ,5	—1 ,2			17 ,4	—0 ,7		—1 ,0
1811	11 ,5	+0 ,9	11 ,0	+1 ,2	4 ,0	+0 ,3			18 ,4	+0 ,3		
1812	9 ,9	—0 ,7	8 ,8	—1 ,0	4 ,2	+0 ,5			17 ,3	—0 ,8		
1813	9 ,9	—0 ,7	9 ,2	—0 ,6	2 ,3	—1 ,4			16 ,5	—1 ,6		

Tous les rapports de température que nous avons fixés jusqu'ici appartiennent à cette partie des basses couches de l'atmosphère qui reposent sur la surface solide du globe, dans l'hémisphère boréal. Il me resterait à discuter ici la température de l'hémisphère austral ; mais, ayant récemment traité cet objet dans un autre ouvrage, je me bornerai à la simple indication de quelques résultats numériques. Peu de parties de la philosophie naturelle offrent l'exemple d'une variation aussi grande dans les opinions des physiciens. Dès le commencement du XVI^e^ siècle, et les premières navigations autour du cap Horn, l'idée se répandit en Europe que l'hémisphère austral était considérablement plus froid que l'hémisphère boréal. Mairan et Buffon combattirent cette idée par des raisonnements théoriques peu exacts (62). Æpinus l'établit de nouveau (63) ; les découvertes de Cook firent connaître la vaste étendue des glaces circumpolaires australes ; et dès lors on s'exagéra l'inégalité de la température des deux hémisphères. Le Gentil et surtout Kirwan ont le mérite d'avoir démontré les premiers que l'influence des glaces circumpolaires sur les climats s'étend moins loin dans la zone tempérée australe qu'on ne l'avait admis généralement (64). La moindre distance du soleil au solstice hiémal et le plus long séjour de cet astre dans les signes septentrionaux agissent en sens opposé sur la chaleur dans les deux hémisphères (65) ; et comme, d'après le théorème de Lambert, la quantité de lumière qu'une planète reçoit du soleil

croît proportionnellement à l'anomalie vraie, l'inégalité de température entre les deux hémisphères n'est pas l'effet d'une irradiation inégale. L'hémisphère austral reçoit la même quantité de lumière; mais l'accumulation de la chaleur y est moindre, à cause de l'émission de la chaleur rayonnante qui a eu lieu pendant un hiver plus long (66). De plus, cet hémisphère étant en grande partie aquatique, les extrémités pyramidales des continents y ont le climat des îles. Des étés d'une température très-basse sont suivis, jusqu'à 50° de latitude australe, par des hivers peu rigoureux : aussi les formes végétales de la zone torride, les fougères en arbres et les orchidées parasites avancent au sud jusque vers les 38° et 42° de latitude. Le peu d'étendue des terres dans l'hémisphère austral ne contribue pas seulement à égaliser les saisons, mais aussi à diminuer d'une manière absolue la température annuelle de cette partie du globe (67). Je pense que cette cause est beaucoup plus active que celle qui tient à la faible excentricité du mouvement planétaire. Les continents, pendant l'été, font rayonner plus de chaleur que les mers, et le courant ascendant, qui porte l'air des zones équinoxiales et tempérées vers les régions circumpolaires, agit moins dans l'hémisphère austral que dans l'hémisphère boréal. Aussi voyons-nous la calotte de glace, qui entoure le pôle jusque vers les 71° et 68° degrés de latitude sud, avancer davantage vers l'équateur, partout où elle trouve une mer libre, c'est-à-dire là où les extrémités pyramidales des

grands continents ne lui sont pas opposées. On a lieu de croire que ce manque de terres fermes produirait un effet beaucoup plus sensible encore, si la répartition des continents était aussi inégale dans les régions équinoxiales que dans les zones tempérées (68).

La théorie et l'expérience prouvent que la différence de température entre les deux hémisphères ne peut pas être grande, près de la limite qui les sépare (69). Le Gentil a déjà observé que le climat de Pondichéry n'est pas plus chaud que celui de Madagascar, à la baie d'Antongil, par 12° de latitude australe. Sous les parallèles de 20°, l'île de France a la même température annuelle (26°,7) que la Jamaïque et Saint-Domingue. La mer de l'Inde, entre les côtes orientales de l'Afrique, les îles de la Sonde et la Nouvelle-Hollande, forme une espèce de golfe fermé au nord par l'Arabie et par l'Indostan. Les lignes isothermes paraissent s'y relever vers le pôle sud : car, plus à l'ouest dans la mer libre, entre l'Afrique et le nouveau continent, le froid de l'hémisphère austral se fait déjà sentir, quoique faiblement, à partir de 22°. Je ne citerai pas, à cause de ses montagnes isolées et de ses localités particulières, l'île Sainte-Hélène (lat. 15°,55′), dont la température moyenne ne s'élève, d'après M. Beatson, qu'à 22° ou 23°, sur le bord de la mer. Grâce au zèle infatigable d'un astronome portugais, M. Benito Sanchez Dorta (70), les côtes orientales de l'Amérique nous offrent, par 22°,54′ de latitude australe, presque sur la limite

de la région équinoxiale, un endroit dont on connaît le climat d'après plus de 3500 observations thermométriques et barométriques, faites dans le cours de chaque année, pour constater les variations horaires de la chaleur et de la pression atmosphérique. La température moyenne de Rio-Janeiro n'est que de 23°,5, tandis que, malgré les vents du nord qui, pendant l'hiver, amènent l'air froid du Canada dans le golfe du Mexique, les températures moyennes de Veracruz (lat. 19°,11′) et de la Havane (lat. 23°,10′), sont de 25°,5. Les différences des deux hémisphères deviennent plus sensibles dans les mois les plus chauds.

RIO-JANEIRO.		LA HAVANE.	
Juin, temp. moy. .	20°,0	Décemb., temp. moy.	22°,1
Juillet.	21°,2	Janvier.	21°,2
Janvier.	26°,2	Juillet.	28°,5
Février.	27°,0	Août.	28°,8

On doit être surpris de la grande égalité qui règne dans la répartition de la chaleur annuelle, par les 34° de latitude nord et sud. En fixant les yeux sur les trois continents de la Nouvelle-Hollande, de l'Afrique et de l'Amérique, nous trouvons que la température moyenne du port Jackson (lat. 33°,51′) est, d'après les observations de Hunter, Péron et Freycinet, de 19°,3 ; celle du cap de Bonne-Espérance (lat. 33°,53′), de 19°,4 ; celle de Buenos-Ayres (lat. 34°,36′), de 19°,7, tandis que dans l'hémisphère boréal, la température annuelle correspondant à cette même

latitude est de 16° à 21°, suivant que l'on compare les systèmes de climats de l'Amérique ou de l'Europe occidentale, les parties concaves ou convexes des lignes isothermes (71). Au port Jackson, où le thermomètre descend quelquefois au-dessous du point de congélation, le mois le plus chaud est de 25°,2, le mois le plus froid de 13°,8 : on y trouve l'été de Marseille et l'hiver du Caire (72). Dans la Louisiane, 2° 1/2 de latitude plus près de l'équateur, le mois le plus chaud est de 26°,5 ; le mois le plus froid, de 8°,3. La terre Van-Diémen correspond à peu près à la latitude de Rome : les hivers y sont plus doux qu'à Naples ; mais la fraîcheur des étés y est telle que la température moyenne du mois de février paraît être à peine de 18° à 19° (73), lorsqu'à Paris, sous une latitude plus éloignée de l'équateur de 7°, la température moyenne du mois d'août est aussi 18° à 19°, et qu'elle dépasse à Rome 25°.

Sous le parallèle de 51°,25′ sud, nous connaissons assez bien la température moyenne des îles Malouines, qui est de 8°,5. A cette même latitude, dans l'hémisphère boréal, on trouve en Europe de 10° à 11°, en Amérique à peine 2° ou 3° ; les mois les plus chauds et les plus froids sont, à Londres, de 19° et de 2° ; aux îles Malouines, de 18°,2 et de 3°. A Québec, la température moyenne de l'hiver est de — 10° ; aux îles Malouines, de + 4°,2, quoique ces îles soient de 4° plus éloignées de l'équateur que Québec. Ces rapports numériques prouvent que, jusqu'aux parallèles de 40° et 50°, les lignes isothermes correspondantes

sont à peu près également éloignées du pôle dans les deux hémisphères, et qu'en ne considérant que le système des climats transatlantiques entre les 70° et 80° de longitude occidentale (74), les températures moyennes de l'année, sur les parallèles géographiques correspondants, sont même plus grandes dans l'hémisphère austral que dans l'hémisphère boréal.

Ce qui donne aux climats méridionaux un caractère particulier, c'est la répartition de la chaleur entre les différentes parties de l'année. Dans l'hémisphère austral, sur les lignes isothermes de 8° et de 10°, on trouve des étés qui, dans notre hémisphère, n'appartiennent qu'à des lignes isothermes de 2° et 5°. On ne connaît avec précision aucune température moyenne de l'année au-dessus du 51° de latitude australe; les navigateurs ne fréquentent pas ces parages lorsque le soleil est dans les signes septentrionaux, et l'on aurait tort de juger de la rigueur des hivers par la basse température des étés. Les neiges éternelles qui, par 71° nord, se soutiennent encore à 700 mètres de hauteur au-dessus du niveau de l'Océan, descendent jusque dans les plaines tant à la Géorgie australe qu'à la terre Sandwich, par les 54° et 58° de latitude sud (75): mais ces phénomènes, quelque frappants qu'ils paraissent, ne prouvent aucunement que la ligne isotherme 0° soit de 5° plus près du pôle sud que du pôle nord. Dans le système de climats transatlantiques, la limite des neiges éternelles n'est pas à la même hauteur qu'en Europe; et pour comparer les deux hémisphères, il faut avoir

égard à la différence des longitudes. De plus, une égale hauteur des neiges n'annonce pas du tout une égale température moyenne de l'année. La limite des neiges dépend surtout du peu de chaleur de l'été (76), et cette chaleur, des brusques condensations de la vapeur causées par le passage des glaces flottantes. Près des pôles, l'état brumeux de l'air diminue, en été, l'effet de l'irradiation solaire, en hiver, celui du rayonnement du globe. Au détroit de Magellan, MM. de Churruca et Galeano ont vu tomber de la neige au milieu de l'été, par les 53° et 54° de latitude sud; et, quoique le jour fût de dix-huit heures, le thermomètre s'éleva rarement au-dessus de 6° ou 7°, jamais il ne dépassa 11°.

La température inégale des deux hémisphères, qui, comme nous l'avons prouvé plus haut, est moins l'effet de l'excentricité des orbites planétaires, que de l'inégale répartition des continents, détermine la limite entre les vents alisés du nord-est et du sud-est (77). Or cette limite se trouvant dans l'Océan atlantique beaucoup plus au nord de l'équateur que dans la mer du Sud, on peut en conclure que dans les deux hémisphères, sur une bande comprise entre les 130° et 150° de longitude occidentale, la différence de température est moins grande que plus à l'est, par les 20° et 50° de longitude. Sur cette bande, en effet, située dans le grand Océan, les deux hémisphères, jusqu'au parallèle de 60°, sont également couverts d'eau, également dépourvus de terres fermes, qui faisant rayonner de la chaleur pendant l'été, envoient

de l'air chaud vers les pôles. La ligne qui sert de limite entre les vents alisés nord-est et sud-est s'approche de l'équateur, partout où les températures des deux hémisphères sont moins différentes, et si, sans diminuer le froid de l'hémisphère austral, on pouvait augmenter l'inflexion des bandes isothermes dans le système des climats transatlantiques, on rencontrerait les vents sud-est par les 20° et 50° de longitude occidentale au nord de l'équateur, par les 130° et 150° au sud (78).

Les basses couches de l'atmosphère, en contact avec la surface pélagique du globe, reçoivent l'influence de la température des eaux. La mer fait rayonner moins de chaleur absorbée que les continents; elle rafraîchit par l'effet de l'évaporation l'air qui repose sur elle; elle renvoie les molécules d'eau refroidies et devenues plus pesantes vers le fond; les courants dirigés de l'équateur vers les pôles, et le mélange des couches supérieures avec les couches inférieures sur les accores des bancs augmentent ou diminuent sa chaleur. La réunion de ces causes diverses fait que, entre les tropiques, et peut-être jusqu'à 30° de latitude, les températures moyennes de l'air surmarin sont de 2° à 3° plus basses que celles de l'air continental. Par de hautes latitudes, dans des climats où l'atmosphère se refroidit en hiver beaucoup au-dessous du point de la congélation, les lignes isothermes se relèvent vers les pôles ou deviennent convexes, lorsque des continents elles passent sur les mers (79). En ce qui touche la tem-

pérature de l'Océan même, il faut distinguer entre quatre phénomènes très-différents : 1° la température de l'eau à sa surface suivant les différentes latitudes, l'Océan étant considéré en repos, et abstraction faite des bas-fonds et des courants ; 2° le décroissement du calorique dans les couches d'eau superposées les unes aux autres ; 3° l'effet des bas-fonds sur la chaleur des eaux de la surface ; 4° la température des courants qui font passer avec leur vitesse acquise les eaux d'une zone à travers les eaux immobiles d'une autre zone. La bande des eaux les plus chaudes coïncide aussi peu avec l'équateur que la bande sur laquelle les eaux atteignent le maximum de salure. En allant d'un hémisphère à l'autre, on trouve les eaux les plus chaudes entre 5°,45′ de latitude boréale et 6°,15′ de latitude australe. Perrins les a trouvées de 28°,2 ; Quevedo, de 28°,6 ; Churruca, de 28°,7 ; Rodman, de 28°,8 : je les ai vues dans la mer du Sud, à l'est des îles Galapagos, à 29°,3. Les variations autour de la moyenne ne s'élèvent pas par conséquent au delà de 0°,7. Il est assez remarquable que, sur ce parallèle des eaux les plus chaudes, la température de l'Océan à la surface est indubitablement de 2° à 3° plus élevée que la température de l'air qui repose sur l'Océan. Cette différence provient-elle du mouvement des molécules refroidies qui se portent vers le fond, ou de l'absorption de la lumière qui n'est pas suffisamment compensée par une émission libre du calorique rayonnant ? A mesure que l'on avance de l'équateur vers la zone tempérée, l'influence des

saisons sur la température de la mer à sa surface, devient plus sensible; mais comme une grande masse d'eau ne suit qu'avec une lenteur extrême les changements de la température de l'air, les moyennes des mois ne correspondent pas à la même époque, dans l'Océan et dans l'air. L'étendue des variations est moindre aussi dans l'eau que dans l'atmosphère, parce que les accroissements ou les diminutions de la chaleur de la mer ont lieu dans un milieu de température variable, en sorte que les minima et les maxima de la chaleur qu'atteint l'eau sont modifiés par la température atmosphérique des mois qui suivent le mois le plus froid et le mois le plus chaud de l'année. C'est par une cause analogue que, dans les sources qui ont une température variable, par exemple près d'Upsal (80), l'étendue des variations de chaleur n'est que de 11°, tandis que dans l'air elle atteint 22°, depuis le mois de janvier jusqu'au mois d'août. Sur le parallèle des îles Canaries, L. de Buch a trouvé que le minimum de la température de l'eau était de 20°, le maximum de 23°,8. Les températures de l'air, dans les mois les plus chauds et les plus froids, sont, dans ces parages, de 18° et 24°. En avançant vers le nord, on trouve plus grandes les différences de température hiémale entre la surface de la mer et l'air surmarin. Les molécules d'eau refroidie vont au fond aussi longtemps que leur refroidissement n'a pas atteint 4°. C'est ainsi que, par les 46° et 50° de latitude, dans la partie de l'Océan atlantique qui avoisine l'Europe, les maxima

et les minima de la chaleur sont, dans l'eau de la mer à sa surface, 20° et 5°,5; dans l'air (en prenant les moyennes des mois les plus chauds et les plus froids), 19° et 2°. L'excès de la température moyenne des eaux sur celle de l'air atteint son maximum au delà du cercle polaire, là où la mer ne gèle point au large. L'atmosphère se refroidit à tel point dans ces parages (de 63° à 70° de latitude par 0° de longitude), que la température moyenne de plusieurs mois d'hiver descend, sur les continents, à 10° ou 12°, sur les côtes, à 5° et 6° au-dessous du point de la congélation, tandis que la température de la mer à sa surface ne se trouve abaissée que jusqu'à 0° ou — 1°. S'il est vrai que, même par ces hautes latitudes, le fond de la mer renferme des couches d'eau qui, au maximum de leur pesanteur spécifique, ont 4° à 5° de chaleur, on doit supposer que les eaux du fond contribuent à diminuer le refroidissement de la surface. Ces circonstances ont une grande influence sur l'adoucissement des hivers, dans des continents séparés du pôle par une vaste mer.

Nous avons considéré jusqu'ici la distribution de la chaleur sur la surface du globe, au niveau de l'Océan; il nous reste à discuter, pour compléter ce Mémoire, les rapports numériques qu'offrent les variations de la température dans les *régions élevées de l'atmosphère* et dans l'*intérieur de la terre.*

Le décroissement du calorique dans l'atmosphère dépend de plusieurs causes, dont la principale est, d'après l'observation de Leslie (81) et de Laplace, la

propriété de l'air d'augmenter de capacité pour la chaleur en se raréfiant. Si le globe n'était pas enveloppé d'un mélange de fluides élastiques et aériformes, il ne ferait pas sensiblement plus froid à 8000 mètres de hauteur qu'à la surface de l'Océan. Chaque point du globe rayonnant en tous sens, l'intérieur d'une enveloppe sphérique qui reposerait sur la cime des plus hautes montagnes recevrait la même quantité de calorique rayonnant que les couches inférieures de l'atmosphère. Le calorique, il est vrai, serait réparti sur une surface un peu plus grande; mais la différence de température serait insensible, puisque le rayon de l'enveloppe sphérique serait à celui de la terre comme 1,001 est à 1. Si au contraire nous considérons la terre entourée d'un fluide atmosphérique, le décroissement de la température s'établit. L'air chauffé à la surface du globe s'élève, se dilate et se refroidit, soit par sa dilatation même, soit par un rayonnement plus libre à travers d'autres couches également raréfiées. Ce sont les courants aériens, ascendants et descendants, qui maintiennent le décroissement régulier de la température atmosphérique (82).

Le froid des montagnes est l'effet simultané, 1° de la distance verticale plus ou moins grande des couches d'air qui les entoure à la surface des plaines et de l'Océan; 2° de l'extinction de la lumière, phénomène qui diminue avec la densité des couches d'air superposées (83); 3° de l'émission du calorique rayonnant, favorisée par un air très-sec, très-froid et très-serein (84).

La température moyenne de nos plaines actuelles serait abaissée si les mers éprouvaient une diminution d'eau considérable; les plaines des continents deviendraient alors des plateaux, et l'air qui repose sur ces plateaux serait refroidi par les couches d'air circonvoisines qui, au même niveau, ne recevraient qu'une moindre portion de la chaleur émise par le fond desséché des mers.

Le tableau suivant renferme les résultats des observations que j'ai faites, près de l'équateur, dans les Andes de Quito et vers l'extrémité boréale de la zone torride, dans les Cordillères du Mexique. Ces résultats sont les vraies moyennes, telles que les donnent les observations répétées sur les mêmes lieux pendant plusieurs années consécutives, aussi bien que les observations isolées. On a eu égard dans ces dernières à l'heure du jour, à la distance des solstices, à la direction du vent et aux effets de la réverbération des plaines.

HAUTEURS au-dessus du niveau DE L'OCÉAN.	CORDILLÈRES DES ANDES de 10° de latitude boréale à 10° de latitude australe.		MONTAGNES DU MEXIQUE de 17° à 21° de lat. boréale.	
	TEMPÉRATURE moyenne de l'année.	EXEMPLES qui peuvent servir de type.	TEMPÉRATURE moyenne de l'année.	EXEMPLES qui peuvent servir de type.
0 (On a ajouté de mille en mille mètres une hauteur comparative.)	27°,5	Cumana (10 mètr.), le jour 26° à 30°, la nuit 22° à 23°; max. 32°,7; min. 21°,2; tempér. moy. 27°,7.	26°,0	Veracruz (0 mètr.), le jour 27° à 30°, la nuit 25°,7 à 28° en été; 19° à 24°, et 18° à 22° en hiver; tempér. moy. 25°,4.
500 t. (974 mètr.) Vésuve, 1180 mèt.	21°,8	Caracas (886 mètr.), le jour 18° à 28°, la nuit 16° à 17°; max. 25°,7; min. 12°,5; tempér. moy. 20°,8. Guaduas (1149 mètr.); tempér. moy. 19°,7.	19°,8	Xalapa (1320 mètr.); tempér. moy. 18°,2 en hiver, le jour 14° à 15°. Chilpantzingo (1379 mètr.), sur un plateau qui rayonne; tempér. moy. 20°,6.
1000 t. (1949 mètr.) Hospice du St.-Gothard, 2075 mètr.	18°,0	Popayan (1773 mètr.), le jour 19° à 24°, la nuit 17° à 18°; tempér. moy. 18°,7. Santa-Fé de Bogota (2659 mètr.); tempér. moy. 14°,3, le jour 15° à 18°, la nuit 10° à 12°; min. + 2°,5.	18°,0	Valladolid de Méchoacan (1950 mètr.); tempér. moy. 19° à 20°. Mexico (2277 mètr.), le jour 16° à 21°, la nuit 13° à 15°, dans les mois les plus chauds; 11°,5 à 15°, et 0° à + 7° dans les mois les plus froids; tempér. moy. 17°.
1500 t. (2923 mètr.) Canigou, 2780 mètr.	14°,3	Quito (2908 mètr.), le jour 15°,6 à 19°,3, la nuit 9° à 11°; max. 22°; min. 6°; tempér. moy. 14°,4.	14°,0	Toluca (2690 mètr.); tempér. moy. 15°. Au Nevado de Toluca (3408 mètr.); source 9°.
2000 t. (3898 mètr.) Pic de Ténériffe, 3710 mètr.	7°,0	Micuipampa (3618 m.), le jour 5° à 9°, la nuit + 2 à — 0°,4. Les Paramos (3500 m.), en génér. temp. moy. 8°,4.	7°,5	Au Nevado de Toluca (3713 mètr.), en sept., à midi, 11°,5. Au Coffre de Perote (3700 m.), en févr., à 9 h. 10°,2.
2500 t. (4872 mètr.) Mont-Blanc, 4775 mètr.	1°,5	A la limite inférieure des neiges perpétuelles (4800 m.), le jour 4° à 8°, la nuit — 2° à — 6°. Au Chimborazo (5880 mèt.), en juin, à 1 heure, j'ai vu le therm. à — 1°,6.	1°,0	Au Pic del Fraile (4621 mètr.); j'ai vu le therm. en sept., à midi, à + 4°,8.

Les moyennes que donnent les observations faites au Mexique sont peu différentes de celles qui ont été recueillies dans les Cordillères. Lorsque les différences sont renfermées dans les limites d'un demi-degré, elles peuvent être regardées comme accidentelles. La longueur des jours est plus inégale par 20° de latitude, mais les neiges perpétuelles ne descendent pas 200 mètres plus bas que sous l'équateur. Comme les Cordillères de la Nouvelle-Grenade, de Quito et du Pérou offrent un plus grand nombre de points où des observations ont été faites avec suite, je réunirai ici les températures moyennes que nous avons déterminées d'une manière à peu près certaine, Caldas et moi, et qui appartiennent toutes à une zone comprise entre les parallèles de 10° nord et 10° sud (85).

Côtes de Cumana.	27° à 28°
Tomependa (riv. des Amazones, haut. 390 mètr.).	25°,8
Antioquia (508 mètres).	25°
Neiva (519 mètres).	25°
Tocayma (482 mètres).	27°,5
Caripe (902 mètres).	18°,5
Caracas (886 mètres).	20°,8
La Plata (1048 mètres).	23°,7
Carthago (960 mètres).	23°,8
Guaduas (1150 mètres).	19°,7
La Meza (1288 mètres).	22°,5
Medellin (1481 mètres).	20°,5
Estrella (1721 mètres).	18°,8
Popayan (1773 mètres).	18°,7
Loxa (2090 mètres).	18°
Almaguer (2260 mètres).	17°

Pamplona (2444 mètres).	16°,2
Alausi (2430 mètres).	15°
Pasto (2533 mètres).	14°,6
Santa-Rosa (2579 mètres).	14°,3
Santa-Fé de Bogota (2659 mètres).	14°,3
Hambato (2698 mètres).	15°,8
Cuenca (2632 mètres).	15°,8
Caxamarca (2860 mètres).	16°
Quito (2908 mètres).	14°,4
Tunja (2903 mètres).	13°,7
Llactagunga (2888 mètres).	15°
Riobamba Nuevo (2891 mètres).	16°,2
Plateau de los Pastos (3079 mètres). . . .	12°,5
Malbasa (3040 mètres).	12°,5
Les Paramos (3500 mètres).	8°,5
La limite inférieure des neiges perpétuelles (4800 mètres).	+ 1°,6

Ces trente-deux points ne sont pas des points isolés, comme le seraient des ballons fixés dans l'océan aérien à une hauteur perpendiculaire de 5000 mètres ; ce sont des stations prises sur la pente des montagnes, sur cette partie de la masse solide du globe qui s'élève en forme de mur ou d'arête dans les hautes régions de l'atmosphère. Or ces montagnes ont à chaque hauteur, outre le climat général, des climats particuliers modifiés par le rayonnement des plateaux, l'escarpement du terrain, la nudité du sol, l'humidité des forêts, les courants qui descendent des cimes voisines.

Sans connaître les localités, on peut remarquer l'effet de ces causes perturbatrices, en comparant, dans le tableau précédent, les températures moyennes qui

correspondent aux mêmes hauteurs : mais la discussion de ces observations prouverait aussi que l'étendue des variations est beaucoup moindre qu'on ne le croit communément. Lorsqu'on examine ces 32 températures, d'après l'hypothèse qu'un degré de refroidissement correspond à 200 mètres d'élévation, on retrouve vingt-six fois dans la température des lieux élevés la température des plaines, qui est de 27° à 28°. Six fois seulement les températures diffèrent de plus de 2°, et les erreurs d'évaluations se combinent avec les effets des localités. L'air qui repose sur les plateaux des Andes se mêle à la grande masse de l'atmosphère libre, dans laquelle règne, sous la zone torride, une stabilité de température surprenante. Quelque énorme que soit le massif des Cordillères, il ne peut agir que faiblement sur des couches d'air qui se renouvellent sans cesse. D'un autre côté, si les plateaux s'échauffent pendant le jour, le rayonnement est d'autant plus considérable la nuit ; car c'est justement sur ces plaines, élevées de 2700 mètres au-dessus du niveau de la mer, que le ciel est le plus pur et le plus constamment serein. Au Pérou, par exemple, le magnifique plateau de Caxamarca, dans lequel le froment donne 18 grains pour un, l'orge 60, a plus de douze lieues carrées d'étendue ; il est uni comme le fond d'un lac, et abrité par un mur circulaire de montagnes dépourvues de neige. Sa température moyenne est de 16° : cependant le froment y gèle souvent la nuit ; et dans une saison où le thermomètre descendait avant le lever du soleil à 8°, je l'ai

vu durant le jour marquer à l'ombre 25°. Dans les vastes plaines de Bogota, de 200 mètres moins élevées que celle de Caxamarca, la température moyenne, constatée par les belles observations de Mutis, atteint à peine 14°,3.

En comparant les villes situées sur des plateaux à celles qui sont placées sur l'escarpement des montagnes, je trouve pour les premières une augmentation de température qui, à cause du rayonnement nocturne, n'excède pas 1°,5 à 2°,3. Cette augmentation est un peu plus grande dans les basses régions des Andes, dans ces larges vallées dont le fond uni atteint 400 à 500 mètres d'élévation absolue, principalement dans la vallée de la Madeleine, entre Neiva et Honda. On est frappé de trouver au milieu des montagnes des chaleurs qui égalent celles des plaines, et sont d'autant plus insupportables que l'air de ces vallées n'est presque jamais agité par le vent. Cependant, si l'on compare les températures moyennes de ces lieux à celles des couches de l'atmosphère libre ou de la pente des montagnes, on les trouve seulement de 2° à 3° plus élevées. D'après ces considérations, on peut ajouter quelque confiance aux quatre résultats que nous avons tirés d'un si grand nombre d'observations, pour les hauteurs normales de 1000, 2000, 3000 et 4000 mètres. Je m'en suis tenu à une simple moyenne arithmétique et à la compensation fortuite des irrégularités ; car il m'aurait fallu nécessairement faire quelque hypothèse sur le décroissement du calorique, si j'avais voulu réduire à

la hauteur normale les hauteurs qui en approchent le plus. J'ai ajouté les observations que m'a fournies la connaissance intime des lieux.

Pour 1000 mètres de hauteur :		
Couvent de Caripe (forêts épaisses et humides)	902 mètr.	18°,5
Caracas (ciel brumeux, vallée peu étendue)	886	20°,8
La Plata (vallée très-chaude, communiquant pourtant avec celle de l'Alto-Magdalena)	1048	23°,7
Carthago (vallée très-chaude du Cauca)	960	23°,8
	949 mètr.	21°,7
Pour 2000 mètres de hauteur :		
Loxa (plateau de peu d'étendue)	2090 mètr.	18°,0
Almaguer (escarpements couverts d'une épaisse végétation)	2260	17°,0
Popayan (petit plateau peu élevé au-dessus de la vallée du Cauca)	1773	18°,7
	2041 mètr.	17°,9
Pour 3000 mètres de hauteur :		
Caxamarca (plateau très-étendu, ciel serein)	2860 mètr.	16°,0
Quito (au pied du Pichincha, vallée étroite)	2908	14°,4
Tunja (montagnes de la Nouvelle-Grenade)	2903	13°,7
Malvasa (plaines élevées, refroidies par les neiges du volcan de Puracé)	3040	12°,5
Los Pastos (plateau très-froid, sur lequel s'élèvent des cimes couvertes de neiges)	3079	12°,5
Llactacunga (vallée tempérée)	2888	15°,0
Riobamba Nuevo (plaine aride de Tapia, couverte de pierres ponces)	2891	16°,2
	2938 mètr.	14°,3

Entre les tropiques, les Cordillères sont le centre de la civilisation et de l'industrie des Espagnols-Américains. Elles sont peuplées jusqu'à plus de 4000 mètres de hauteur ; et un petit nombre d'observations faites sur le dos des Andes donne une idée suffisamment exacte de la température moyenne de l'année. En Europe, au contraire, dans la zone tempérée, les hautes montagnes sont en général peu habitées. L'abaissement de la ligne isotherme 0° y fait cesser la culture des céréales au point où elle commence dans les Cordillères. Les habitations fixes sont rares au delà de 2000 mètres de hauteur ; enfin, pour juger avec quelque précision de la température moyenne des couches d'air superposées, il faut pouvoir réunir au moins 730 observations thermométriques, dans le cours d'une année (86).

LIEUX situés entre 46° et 47° DE LATITUDE BORÉALE.	ÉLÉVATIONS.		TEMPÉRATURE MOYENNE		
	MÈTRES.	TOISES.	de L'ANNÉE.	DU MOIS le plus froid.	DU MOIS le plus chaud.
Niveau de la mer. .	0	0	12°,0	+2°,4	21°,0
Genève.	359	180	9°,8	+1°,2	19°,2
Tégernsee.	744	382	5°,8	—5°,5	15°,2
Peissenberg. . . .	995	511	5°,0	—6°,2	13°,9
Chamouni.	1028	528	4°,0		13°,0
Hospice du St.-Gothard.	2076	1065	—0°,9	—9°,4	7°,9
Col-de-Géant. . .	3436	1763	—6°,0		2°,5

En comparant la température moyenne des couches d'air superposées, je trouve que la ligne isotherme de 5°, qui, sous le parallèle de 45°, se trouve à 1000 mètres de hauteur, atteint les montagnes équatoriales à l'élévation absolue de 4250 mètres. On a cru pendant longtemps, d'après Bouguer, que la limite inférieure des neiges perpétuelles désignait partout une couche d'air dont la température moyenne était le point de congélation, ou, pour me servir d'une expression plus précise, que la limite des neiges marquait la ligne isotherme de 0°; mais j'ai fait voir, dans un Mémoire lu à l'Institut en 1808, que cette supposition est contraire à l'expérience (87). On trouve par la réunion de bonnes observations, que, à la limite des neiges perpétuelles, la température moyenne de l'air est, sous l'équateur (4800 mètr.), + 1°,5; dans la zone tempérée (2700 mètr.), —3°,7; dans la zone glaciale, par 68° et 69° de latitude (1050 mètr.), — 6°. Comme la chaleur des hautes régions de l'atmosphère dépend du rayonnement des plaines, on conçoit que, sous les mêmes parallèles géographiques, on ne peut trouver, dans le système des climats transatlantiques, par exemple sur les pentes des Montagnes Rocheuses, les lignes isothermes à la même hauteur au-dessus du niveau de l'Océan que dans le système de climats européens. Les inflexions qu'éprouvent ces lignes tracées à la surface du globe modifient nécessairement leur position dans un plan vertical, soit qu'on réunisse dans l'océan aérien les points placés sur les mêmes

méridiens, soit qu'on ne considère que ceux qui ont une même latitude.

Nous avons essayé jusqu'ici de déterminer les températures moyennes qui correspondent, sous l'équateur et par les 45° ou 47°, à des couches de l'atmosphère également élevées. Cette détermination se fonde sur des observations répétées en même lieu ; elle indique l'état moyen de l'atmosphère. La physique générale a ses *éléments numériques*, comme le système du monde ; et ces éléments, si importants pour la théorie des mesures barométriques et pour celle des réfractions, seront mieux déterminés à mesure que les physiciens dirigeront leurs travaux vers l'étude des lois générales.

HAUTEUR en		ZONE ÉQUATORIALE de 0° à 10°.		ZONE TEMPÉRÉE de 45° à 47°.	
TOISES.	MÈTRES.	TEMPÉRATURE MOYENNE.	DIFFÉRENCES.	TEMPÉRATURE MOYENNE.	DIFFÉRENCES.
0	0	27°,5		12°	
			. . . 5°,7		. . . 7°,0
500	974	21°,8		5°	
			. . . 3°,4		. . . 5°,2
1000	1949	18°,4		—0°,2	
			. . . 4°,1		. . . 4°,6
1500	2923	14°,3		—4°,8	
			. . . 7°,3		
2000	3900	7°,0			
			. . . 5°,5		
2500	4872	1°,5			

Ce tableau prouve, comme la théorie seule paraît

déjà l'indiquer, que, dans l'état moyen de l'atmosphère, la chaleur ne décroît pas uniformément suivant une progression arithmétique. Dans les Cordillères, et ce fait est extrêmement curieux, on voit le décroissement se ralentir entre 1000 et 3000 mètres de hauteur, surtout entre 1000 et 2500, puis s'accélérer de nouveau de 3000 à 4000 mètres. Les couches où le décroissement atteint son maximum et son minimum sont dans le rapport de 1 à 2. Depuis la hauteur de Caracas jusqu'à celle de Popayan et de Loxa, 1000 mètres produisent une différence de 3°,5; depuis Quito jusqu'à la hauteur des Paramos, 1000 mètres font décroître la température moyenne de plus de 7°. Ces phénomènes tiennent-ils uniquement à la configuration des Andes, ou sont-ils l'effet de l'accumulation des nuages dans l'océan aérien? En se rappelant que les Andes forment un énorme massif de 3600 mètres de hauteur, sur lequel s'élèvent des pics ou des dômes isolés et couverts de neiges éternelles, on conçoit comment, depuis le point où la masse de la chaîne diminue si brusquement, la chaleur décroît aussi avec rapidité. Il n'est pas facile d'expliquer par une cause analogue pourquoi le refroidissement progressif se ralentit entre 1000 et 2000 mètres. Les grands plateaux des Cordillères ne commencent qu'à 2600 ou 2900 mètres, et je pense que la lenteur avec laquelle décroît la chaleur, dans la couche d'air comprise entre 1000 et 2000 mètres, tient à une triple cause : 1° à l'extinction de la lumière ou à l'absorption des rayons dans les

nuages, 2° à la formation de la pluie, 3° à l'obstacle que les nuages opposent au libre passage du calorique rayonnant. La couche d'air dont nous parlons, est la région dans laquelle sont suspendus les gros nuages, ceux que les habitants des villes voient au-dessus de leur tête. Le décroissement de la chaleur, très-rapide depuis les plaines jusqu'à la région des nuages, se ralentit dans cette dernière région ; et si ce ralentissement se manifeste beaucoup moins dans la zone tempérée, c'est sans doute parce que, à égale hauteur, l'effet du rayonnement y est moins sensible qu'au-dessus des plaines brûlantes de la zone équinoxiale. D'ailleurs, dans les deux zones, la loi du refroidissement paraît être la même pour des couches d'air d'égale température : mais la force du rayonnement varie avec la température des couches rayonnantes.

Les résultats que nous venons de discuter méritent la préférence sur ceux que l'on déduit d'observations faites pendant de rapides excursions vers la cime de quelques hautes montagnes. Les premiers donnent, pour la zone équinoxiale, un degré de refroidissement par 187 mètres, de 0 à 4900 mètres (88); pour la zone tempérée, un degré par 174 mètres, de 0 à 2900 mètres ; les derniers donnent pour la zone équinoxiale, un degré de refroidissement par 190 mètres ; pour les parallèles de 45° à 47°, un degré par 160 ou 172 mètres (89). Cette harmonie est sans doute bien remarquable : elle l'est d'autant plus que comparer aux observations répétées en un même lieu les

observations isolées, c'est confondre l'état moyen de l'atmosphère pendant le cours d'une année avec le décroissement qui correspond à telle ou telle saison, à telle ou telle heure du jour. Dans son mémorable voyage aérostatique, M. Gay-Lussac a trouvé, près de Paris, à une époque où la chaleur des plaines égalait à peu près celle de la région équinoxiale, un degré par 187 mètres, de 0 à 7000 mètres. C'est à cause de cette égalité observée dans le décroissement du calorique, *en partant d'une même chaleur normale des plaines*, que les réfractions astronomiques correspondant à des angles au-dessous de 10° ont été trouvées les mêmes sous l'équateur et dans les climats tempérés. Ce résultat, contraire à la théorie de Bouguer, est confirmé par les observations que j'ai faites dans l'Amérique méridionale, et par celles de Maskelyne à l'île de la Barbade, qui toutes ont été calculées par Oltmanns.

Nous venons de voir qu'entre les tropiques, sur le dos des Cordillères, on trouve à 2000 mètres d'élévation, je ne dirai pas le climat, mais la température moyenne de la Calabre et de la Sicile : dans notre zone tempérée, par 46° de latitude, on rencontre à la même élévation la température moyenne de la Laponie (90). Cette comparaison nous conduit à la connaissance exacte des rapports numériques entre les hauteurs et les latitudes, rapports qui sont indiqués avec peu de précision dans les ouvrages de géographie physique. Voici les résultats que je trouve d'après les données les plus exactes : dans la zone tempérée,

depuis les plaines jusqu'à 1000 mètres de hauteur, chaque centaine de mètres d'élévation perpendiculaire diminue la température moyenne de l'année de la même quantité qu'un degré de latitude en avançant vers les pôles. Si l'on ne compare que les températures moyennes de l'été, les premiers 1000 mètres équivalent à 0°,45. De 40° à 50° de latitude, la chaleur moyenne des plaines décroît en Europe de 7° du thermomètre centigrade, et ce même décroissement de température a lieu, sur la pente des Alpes de la Suisse, de 0 à 1000 mètres de hauteur.

DIFFÉRENCES DE LATITUDE, comparées aux différences de hauteur.	CHALEUR moyenne DE L'ANNÉE.	CHALEUR moyenne DE L'ÉTÉ.	CHALEUR moyenne de L'AUTOMNE.
I. Au niveau de la mer : *a*) Latitude 40°. . .	17°,3	25°	17°
b) Latitude 50°. . .	10°,8	18°	
II. Sur la pente des montagnes : *a*) Au pied, par 46° de latitude.	12°	20°	11°
b) A 1000 mètres de hauteur.	5°	14°,7	6°

Ces rapports numériques sont déduits d'observations faites sur la température de l'air. Nous ne

pouvons mesurer la quantité de chaleur produite par les rayons solaires dans le parenchyme des plantes ou dans l'intérieur des fruits, qui se colorent en mûrissant. La belle expérience de Gay-Lussac et de Thénard, la combustion du chlore et de l'hydrogène, prouve combien est puissante l'action qu'exerce la lumière directe sur les molécules des corps. Or comme l'extinction de la lumière est moindre sur les montagnes, dans un air sec et raréfié, le maïs, les arbres fruitiers et la vigne prospèrent encore à des hauteurs que, d'après nos observations thermométriques faites dans l'air et loin du sol, on devrait croire trop froides pour la culture de ces plantes. En effet, de Candolle, auquel la géographie des végétaux doit tant d'observations précieuses, a vu cultiver la vigne, dans la France méridionale, à 800 mètres de hauteur absolue, quand, sous le même méridien, cette culture avançait à peine vers le nord de 4°; de manière qu'en considérant seulement les conditions relatives de la physique agricole en France, une élévation de 100 mètres paraîtrait répondre non à 1°, mais à 1/2 degré en latitude (91).

Je terminerai ce Mémoire par l'énumération des résultats les plus importants que nous avons obtenus, L. de Buch, Wahlenberg et moi, sur la distribution de la chaleur dans l'intérieur de la terre, depuis l'équateur jusqu'à 70° de latitude nord, et depuis les plaines jusqu'à 3600 mètres d'élévation. Je me bornerai à énoncer des faits. La théorie qui lie ces phénomènes est exposée dans le bel ouvrage

analytique dont Fourier va bientôt enrichir la philosophie naturelle. On mesure la température intérieure du globe, soit par la température des souterrains, soit par celle des sources. Ce genre d'observations est très-susceptible d'erreurs, si le voyageur ne donne pas l'attention la plus minutieuse aux circonstances locales qui peuvent altérer les résultats (92). L'air refroidi s'accumule dans les cavernes qui communiquent avec l'atmosphère par des ouvertures perpendiculaires. L'humidité des rochers abaisse la température par l'effet de l'évaporation. Des cavernes peu profondes s'échauffent plus ou moins suivant la couleur, la densité et le mélange des couches pierreuses dans lesquelles la nature les a creusées. Les sources indiquent un trop grand abaissement de température, si elles descendent avec rapidité d'une hauteur considérable sur des couches inclinées. Il y en a sous la zone torride et dans nos climats, dont la température ne varie pas, durant toute l'année, de deux ou trois dixièmes de degré : il y en a d'autres, qui n'indiquent la température moyenne de la terre que lorsqu'on les examine de mois en mois, et qu'on prend la moyenne de toutes les observations.

On remarque que, du cercle polaire à l'équateur, et du dos des montagnes vers les plaines, l'accroissement progressif de la chaleur des sources diminue avec la température moyenne de l'air ambiant. La température de l'intérieur de la terre est à Vadso en Laponie (latit. 70°), de 2°,2; à Berlin (lat. 52°,31′),

de 9°,5; à Paris (lat. 48°,50'), de 12°; au Caire (lat. 30°,2'), de 22°,5. Dans l'Amérique équinoxiale, je l'ai trouvée, dans les plaines, de 25° à 26°. Voici des exemples de décroissement du calorique dans l'intérieur de la terre, depuis les plaines jusqu'à la cime des montagnes. En Suisse, près de Zurich, la source d'Utliberg (467 mètres), est à 9°,4; celle du Roffboden sur le Saint-Gothard (2136 mètres), à 3°,5. Entre les tropiques, j'ai trouvé la source voisine de Cumanacoa (350 mètres), à 22°,5; celle de Montferrate, au-dessus de Santa-Fé de Bogota (3256 mètres), à 15°,5; dans la mine de Hualgayoc, au Pérou (3585 mètres), la température était de 11°,8.

Dans les plaines, et jusqu'à 1000 mètres de hauteur, entre les parallèles de 40° à 45°, la température moyenne de la terre est à peu près égale à celle de l'air ambiant; mais les observations très-précises de Léopold de Buch et Wahlenberg tendent à prouver que, dans les hautes latitudes, comme vers la cime des Alpes Suisses, au delà de 1400 à 1500 mètres de hauteur, les sources de la terre sont de 3° plus chaudes que l'air.

Zone de 30° à 55°		Temp. moyenne de l'air.	Intérieur de la terre.
Le Caire. .	(lat. 30° 2′). . . .	22°,6	22°,5
Natchez. .	(lat. 31° 28′). . . .	18°,2	18°,3
Charleston.	(lat. 33°).	17°,3	17°,5
Philadelphie	(lat. 39° 56′). . . .	11°,9	11°,2
Genève. .	(lat. 46° 12′). . . .	9°,6	10°,4
Dublin. .	(lat. 53° 21′). . . .	9°,5	9°,6
Berlin. . .	(lat. 52° 31′). . . .	8°,5	9°,6
Kindal. .	(lat. 54° 17′). . . .	7°,9	8°,8
Keswick. .	(lat. 54° 33′). . . .	8°,9	9°,2
Zone de 55° à 70°			
Carlscrone.	(lat. 56° 6′). . . .	7°,8	8°,5
Upsal. .	(lat. 59° 51′). . . .	5°,5	6°,5
Uméo. .	(lat. 63° 50′). . . .	0°,7	2°,9
Vadso. .	(lat. 70°).	—1°,8	2°,2

A Enontekies, par 68° 1/2 de latitude, la différence entre les températures moyennes de la terre et de l'air s'élève à 4°,3. Des différences analogues s'observent sur le dos des Alpes, au-dessus de 1400 mètres de hauteur. J'ai ajouté dans le petit tableau suivant les températures moyennes de l'atmosphère, en admettant, avec M. Ramond, le décroissement de 1° pour 164 mètres de hauteur, et en plaçant, d'après les observations faites à l'hospice de Saint-Gothard, la température 0° à 1950 mètres d'élévation.

Rigi, Kaltes bad	(1438 m)	Source	6°,5	Air	3°,4
Pilate. . . .	(1481 m)	»	5°,0	»	3°,0
Blancke Alp. .	(1764 m)	»	3°,0	»	2°,1
Rossboden. .	(2136 m)	»	3°,5	»	—0°,9

On pourrait objecter que, dans les Alpes Suisses,

la chaleur des sources n'a été mesurée que depuis le commencement de juin jusqu'à la fin de septembre, et que les différences entre l'air et l'intérieur de la terre disparaîtraient peut-être entièrement, si l'on connaissait la température des sources dans le cours de l'année entière : mais il ne faut pas oublier que les sources des Alpes n'ont pas varié dans l'espace de quatre mois, à l'époque des observations de Vahlenberg; que, parmi le petit nombre de sources peu abondantes qui offrent des variations de température dans les différentes saisons, ces variations s'élèvent déjà, depuis le mois de juin jusqu'en septembre, à 6 ou 8 degrés; enfin que beaucoup d'autres sources, et surtout celles qui sont très-abondantes, ne varient pas, pendant toute une année, d'un quart de degré du thermomètre centésimal. Il me paraît par conséquent assez certain que, là où la température de l'air s'abaisse à — 15° ou — 20°, et où pendant ce temps la terre reste couverte d'une couche épaisse de neige, la température de la terre est supérieure à la température moyenne de l'air. Lorsqu'on songe combien est vaste la partie du globe couverte par l'Océan, et qu'on examine la température des couches d'eau les plus profondes, on est tenté d'admettre que dans les îlots, le long des côtes, et peut-être même dans des continents de peu de largeur, la chaleur intérieure de la terre est modifiée par la proximité des couches pierreuses, sur lesquelles reposent les eaux de l'Océan. Les couches d'eau les plus profondes sont sous l'équateur de 22° plus froides

et par 70° de latitude nord de 9° plus chaudes que la température moyenne de l'atmosphère environnante. A Funchal, dans l'île de Madère, la température des caves paraît être de 16°,2, par conséquent de 4° au-dessous de la température de l'air (93).

J'ai considéré successivement dans ce Mémoire la distribution de la chaleur, 1° à la surface du globe; 2° sur la pente des montagnes; 3° dans l'Océan; 4° dans l'intérieur de la terre. En exposant la théorie des *lignes isothermes* et leurs inflexions qui déterminent les différents *systèmes de climats*, j'ai tâché de réduire les phénomènes de température à des lois empiriques; ces lois paraîtront de plus en plus simples, à mesure que l'on parviendra à multiplier et à rectifier les éléments numériques qui sont les résultats de l'observation.

BANDES ISOTHERMES, ET DISTRIBUTION

Tables dressées

(Les températures sont exprimées en degrés du thermomètre centésimal : les longitudes sont comptées à l'Est et à l'Ouest du premier méridien de l'Observatoire de Paris. Les températures moyennes des saisons ont été calculées de manière que celles des mois de décembre, janvier et février forment la température moyenne de l'hiver. On a donné le

BANDES ISOTHERMES.	NOMS des LIEUX.	POSITION en LATITUDE	POSITION en LONGITUDE.	HAUTEUR en mètres.	TEMPÉRATURE moyenne de l'année.	PARTAGE DE LA CHALEUR ENTRE DIFFÉRENTES SAISONS. TEMPÉRATURE moyenne de l'hiver.	TEMPÉRATURE moyenne du printemps.	TEMPÉRATURE moyenne de l'été.	TEMPÉRATURE moyenne de l'automne.
Bandes isothermes de 0° à 5°.	Nain	57° 8'	63° 40' O.	0	— 3°,1	— 18°	— 4°,5	+ 9°,1	+ 0°,8
	Énontekies ⊙ .	68 30	18 27 E.	440	— 2 ,8	— 17 ,6	— 3 ,9	+ 12 ,7	— 2 ,6
	Hospice du St-Gothard . . .	46 30	6 3 E.	2075	— 0 ,9	— 7 ,6	— 3 ,1	+ 7 ,2	— 0 ,1
	Cap Nord. (Île Mageroc). . .	71 0	23 30 E.	0	+ 0 ,0	— 4 ,6	— 1 ,3	+ 6 ,3	+ 0 ,1
	Uléo ⊙.	65 3	23 6 E.	0	+ 0 ,6	— 11 ,2	— 2 ,7	+ 14 ,3	+ 2 ,2
	Uméo ⊙. . . .	63 50	17 56 E	0	+ 0 ,7	— 10 ,6	+ 1 ,0	+ 12 ,7	+ 0 ,8
	Pétersbourg ⊙.	59 56	27 59 E.	0	+ 3 ,8	— 8 ,3	+ 3 ,4	+ 16 ,7	+ 3 ,7
	Drontheim . . .	63 24	8 2 E.	0	+ 4 ,4	— 4 ,6	+ 1 ,8	+ 16 ,3	+ 4 ,5
	Moskou.	55 45	35 12 E.	272	+ 4 ,5	— 11 ,8	+ 6 ,7	+ 19 ,5	+ 3 ,5
	Abo.	60 27	19 58 E.	0	+ 4 ,6	— 6 ,2	+ 3 ,5	+ 16 ,6	+ 4 ,8
Bandes isothermes de 5° à 10°.	Upsal ⊙	59 51	15 18 E.	0	5 ,6	— 3 ,9	4 ,1	15 ,7	6 ,0
	Stockholm ⊙. .	59 20	15 43 E.	0	5 ,7	— 3 ,6	3 ,5	16 ,6	6 ,2
	Québec	46 47	37 30 O.	0	5 ,4	— 9 ,9	3 ,8	20 ,0	7 ,8
	Christiania. . .	59 55	8 28 E.	0	6 ,0	— 1 ,8	3 ,9	17 ,0	5 ,1
	Couvent de Peyssenberg ⊙. .	47 47	8 14 E.	996	6 ,1	— 1 ,9	5 ,6	14 ,7	6 ,1

DE LA CHALEUR SUR LE GLOBE.

en 1817.

signe ⊙ aux endroits dont les températures moyennes ont été déterminées avec le plus de précision, ordinairement par des moyennes de 8,000 observations. Les courbes isothermes ayant un sommet convexe en Europe, et deux sommets concaves dans l'Asie et l'Amérique orientale, on a indiqué le système de climat auquel appartiennent les différents lieux.)

MAXIMUM et MINIMUM		REMARQUES.
TEMPÉRATURE moyenne du mois le plus chaud.	TEMPÉRATURE moyenne du mois le plus froid.	
11°	— 24°	Côtes du Labrador. 2 années d'observ. Glaces flottantes vers l'est. Système de climat transatlantique. Tempér. moy. d'octobre + 0°,4; novembre — 3°.
15 ,3	— 18 ,1	Centre de la Laponie. Système de climat europ. Belle végétation. (Juin 9°,7; Juillet 15°,3; Août 13°,3; Sept. 5°,4; Oct. — 2°,5; Nov. — 10°,9.) Intérieur des terres. Type d'un climat continental.
7 ,9	— 9 ,4	11 années d'observ., calculées de nouveau par décades par Wahlenberg. Therm. vérifié par Saussure Temp. moy. de 7 mois de l'année au-dessous de 0. Vents d'Italie en hiver. Minim. observé en hiver — 18° En août à midi, maxim. à l'ombre 12°,5. Les nuits d'août souvent de + 1° à — 1°,5. La temp. moy. d'octob. — 0°,5 représente celle de l'année entière. Au col du Géant (hauteur 3436 m.), temp. moy. de juillet + 2°,5. On trouve la temp. moy. *zéro* en Europe, par les 45° de lat., à 1750 m. de haut.; au parallèle des îles Canaries, à 4000 m.; dans les Andes sous l'équateur, à 5360 m.
8 ,1	— 5 ,5	De Buch, *Voy. en Norwège*, t. II, p. 416. Type d'un climat des îles et des côtes dans le N. de l'Europe. Avril — 1°,1; Mai + 1°,1; Octob. 0°; Nov. — 3°,4. (A Alten, lat. 70°. Temp. moy. de juillet 17°,5. Climat continental.)
16 ,4	— 13 ,5	Finlande. Côtes orient. (Mai 4°,9; Juin 12°,8; Juillet 16°,4; Août 13°,7; Septemb. 8°,1; Octob. 3°,7; Nov. — 4°,1.) Julin et de Buch.
17 ,0	— 11 ,4	Côtes orient. de la Westro-Bothnie. Dr. Nœzen. Mars — 4°,9; Avril + 1°,1; Octob. 3°,4. Nov. 4°,1.
18 ,7	— 13 ,0	Euler. (Temp moy. de l'année 3°3. Inochodzow, *Act. Petr.*, t. XII, p. 519-533.)
18 ,3	— 6 ,9	2 années. (Berlin, dans les *Mém. de l'Acad. de Drontheim*, t. IV, p. 216.) Avril + 1°,3; Mai 10°,4; Oct. 4°.0; Nov. — 2°,4. Climat des côtes occident. de l'Europe.
21 ,4	— 14 ,4	4 années. *Journ. de Phys.*, t. XXXIX, p. 40. Climat continental. Hiver plus froid, été plus chaud qu'à Pétersbourg. Est de l'Europe. Élévation du sol d'après Stritter. (Chamouni, lat. 46° 1'; long. 3° 48' E.; haut. 1029 m.; temp. moy. 4°).
»	»	12 années. Kirwan. (Cotte, temp. moy. de l'année 5°,1; celle de l'été 19°,7 trop forte.) Côtes occid. de Finlande.
16 ,9	— 5 ,3	Observ. de 1774-1804, faites par Mallet, Prosperin, Holmquist et Schilling, calculées par de Buch. (*Voy. en Norw.*, t. II, p. 309.) Peut-être l'endroit dont la temp. moy. est le mieux déterminée. Hivers plus sereins qu'à Stockholm, plus froids à cause du rayonnement du sol et de l'air.
17 ,8	— 5 ,1	39 années d'observ., dont 15 années de très-bonnes. Wargentin. (Cotte, temp. moy. de l'année 6°,8.) 5 mois au-dessous de 0°, comme à Pétersbourg.
23 ,0	— 10 ,1	4 années. Système de climats transatlantiques.
19 ,3	— 2 ,0	De Buch, 2 années. Souvent temp. moy. de l'hiver à peine — 0°,5. Côtes occident.
15 ,2	— 1 ,0	Alpes de Bavière. 6 années d'observ. calculées par Wahlenberg. Beaucoup d'arbres fruitiers. (Couvent de Tegernsée en Bavière, haut. 744 m. Seule année 1785, temp. moy. 5°,8. Peyss. 5°,0.)

Suite du Tableau

BANDES ISOTHERMES.	NOMS des LIEUX.	POSITION en LATITUDE	POSITION en LONGITUDE	POSITION en HAUTEUR en mètres.	TEMPÉRATURE moyenne de l'année.	PARTAGE DE LA CHALEUR ENTRE DIFFÉRENTES SAISONS. TEMPÉRATURE moyenne de l'hiver.	TEMPÉRATURE moyenne du printemps.	TEMPÉRATURE moyenne de l'été.	TEMPÉRATURE moyenne de l'automne.
Bandes isothermes de 5 à 10° (suite).	Copenhague ☉.	55° 41′	10° 15′ E.	0	7°,6	— 0°,7	5°,1	17°,0	9°,1
	Kendal ☽ . . .	54 17	5 6 O.	0	7 ,9	+ 2 ,7	7 ,3	13 ,8	7 ,9
	Iles Malouines.	51 25	62 19 O.	0	8 ,3	+ 4 ,2	8 ,1	11 ,7	9 ,2
	Prague ☉ . . .	50 5	12 4 E.	0	9 ,7	— 0 ,3	8 ,7	20 ,5	10 ,1
	Gœttingue . . .	51 32	7 33 E.	148	8 ,3	— 0 ,9	6 ,8	18 ,2	9 ,3
	Zurich ☉. . . .	47 22	6 12 E.	438	8 ,8	— 1 ,3	9 ,0	17 ,8	9 ,4
	Édimbourg ☉ .	55 57	5 30 O.	0	8 ,8	+ 3 ,7	8 ,0	14 ,6	9 ,2
	Varsovie	52 14	18 42 E.	0	9 ,2	— 1 ,8	8 ,6	20 ,6	9 ,7
	Coire ☉	46 50	7 10 E.	608	9 ,4	+ 0 ,2	10 ,0	17 ,4	10 ,2
	Dublin	53 21	8 39 O.	0	9 ,5	+ 4 ,0	8 ,5	15 ,3	10 ,0
	Berne.	46 56	5 6 E.	536	9 ,6	0 ,0	9 ,4	19 ,2	9 ,9
	Genève ☉ . . .	46 12	3 48 E.	350	9 ,6	+ 1 ,5	8 ,7	18 ,3	10 ,0
	Manheim ☉ . .	49 29	6 8 E.	140	10 ,1	+ 1 ,0	9 ,8	19 ,5	9 ,9
	Vienne.	48 12	14 2 E.	136	10 ,3	+ 0 ,4	10 ,7	20 ,7	10 ,3
Bandes isothermes de 10 à 15°.	Clermont ☉ . .	45 46	0 45 E.	409	10 ,0	+ 1 ,4	10 ,3	18 ,0	10 ,7
	Bude ☉	47 29	16 41 E.	154	10 ,6	— 0 ,6	10 ,6	21 ,4	11 ,3
	Cambridge . . .	42 25	73 23 O.	0	10 ,2	+ 1 ,1	8 ,7	21 ,5	9 ,9
	Paris ☉.	48 50	0 00	72	10 ,6	+ 3 ,7	9 ,6	18 ,1	10 ,8

MAXIMUM et MINIMUM		REMARQUES.
TEMPÉRATURE moyenne du mois le plus chaud.	TEMPÉRATURE moyenne du mois le plus froid.	
18°,7	— 2°,7	Bugge. 3 mois au-dessous de 0. (Sous l'équat. 7° de temp. moy. à 3900 m. de haut.)
14 ,5	+ 1 ,6	Dalton. Ouest de l'Angleterre. Climat des îles. Sources 8°,8. (Keswick, latit. 54° 33′; long. 5° 23′; temp. moy. 8°,9; sources 9°,2.)
13 ,2	+ 3 ,0	Kirwan, à peine 2 années d'observ. Latitude australe.
»	»	Strnadt, 15 années. Climat continental de l'Europe.
19 ,1	— 1 ,3	Maier.
18 ,7	— 2 ,9	6 années d'observ. de Escher, calculées par Wahlenberg. La ville est située dans un bassin, auquel n'arrivent pas les vents chauds, qui, dans le reste de la Suisse, rendent les hivers plus tempérés.
15 ,2	+ 3 ,5	J'ai calculé 6 années des belles observ. de Plaifair. Pendant ce temps, le therm. n'a jamais été vu au-dessus de 24°,3. (La végétation dure du 20 mars au 20 oct. La temp. moy. de ces 7 mois varie de 13°,2 à 10°,5, et de là dépend le plus ou moins de fertilité. Le froment ne mûrit pas si la temp. moy. descend à 8°,7.)
21 ,3	— 2 ,7	Guittard, 3 années seulement. Temp. un peu trop forte. Europe orient. Climat continental.
18 ,1	— 1 ,4	4 années d'observ. de Salis Sewis, calculées par Wahlenberg. Montagnes des Grisons.
16 ,2	+ 1 ,9	Kirwan, *Irish Trans.*, t. VIII (1802), p. 203 et 269. Type d'un climat des îles. Les jours les plus froids — 5°. Intérieur du pays 9°,6. Hamilton.
19 ,6	— 0 ,8	Climat continental, comparé à celui de Genève. Il n'existe pas de lac dans le voisinage.
19 ,2	+ 1 ,2	7 années d'observ. (Saussure, temp. moy. 10°,4. Voy. § 1418. Je trouve, de 1796 à 1815, temp. moy. 9°,88.) Intérieur de la terre 11°,1. (Pictet, *Bibl. univ. de Genève*, 1817, t. IV, p. 109.)
20 ,4	+ 0 ,8	6 années.
21 ,4	— 3 ,0	Autriche. (Berlin, lat. 52° 31′; temp. moy. probablement 8° à 8°,5; d'après Begoelin, 9°,3. Sources 9°,6. Ratisbonne, lat. 49° 0′; haut. 3 t m.; temp. moy. 8°,7. Munich, lat. 48° 8′; haut. 522 m.; temp. moy. 10°,4.)
19 ,0	— 2 ,2	Ramond, 7 années d'excellentes observ. On connaît surtout avec une grande précision les moyennes des mois à midi, qui sont : hiver 4°,4; printemps 13°,9; été 21°,6; automne 14°,4. (*Mém. de l'Inst. Sc. mathém. et phys.*, 1812, 2e part. p. 49.) Cotte, temp. moy. 10°,7.
22 ,0	— 2 ,4	Wahlenberg. *Flora Carp.*, p. XC. Climat continental. Haut. de l'Observat., 154 m.
22 ,7	— 1 ,2	2 années, près de Boston, dans la Nouvelle-Angleterre. Climat transatlantique. Le thermomètre descend quelquefois à — 17°,5.
18 ,5	+ 2 ,3	11 années (1803-1813) d'observ. faites à l'Observat. Un plus grand nombre d'années donnera peut-être la temp. moy. un peu plus forte. Caves 11°,7. Kirwan trouve pour Paris, par 7 années d'observ. d'inégale valeur, 10°,9; il s'arrête à 11°,5. Cotte, par 29 années d'observ. (*Journ. de Phys.*, 1782, juillet), 11°,8. Messier, par 33 années, 1763-1781 et 1783-1796 (*Mém. de l'Inst.*, an XI, t. IV, p. 266), 11°,3. L'année extraordin. de 1816 donne, temp. moy., 9°,3 (hiver 2°,8; print. 9°,4; été 15°,3; aut. 10°,0. L'année précédente (1815), offrait, temp. moy., 10°,4: hiver 2°,8; print. 11°,5; été 17°,1; aut. 10°,4. Arago. (Temp. moy. de Montmorency, par 33 années, 10°,4; haut. 156 m. Cotte. Strasbourg, lat. 48° 34′; haut. 150 m.; temp. moy. 9°,6. Herrenschneider.)

Suite du Tableau

BANDES ISOTHERMES.	NOMS des LIEUX.	POSITION en LATITUDE	POSITION en LONGITUDE	HAUTEUR en mètres.	TEMPÉRATURE moyenne de l'année.	PARTAGE DE LA CHALEUR ENTRE DIFFÉRENTES SAISONS. TEMPÉRATURE moyenne de l'hiver.	TEMPÉRATURE moyenne du printemps.	TEMPÉRATURE moyenne de l'été.	TEMPÉRATURE moyenne de l'automne.
Bandes isothermes de 10 à 15° (suite).	Londres ⊙. . .	51° 30′	2° 25′ O.	0	10°,2	+ 4°,2	9°,2	17°,3	10°,1
	Dunkerque. . .	51 2	0 2 E.	0	10 ,3	+ 3 ,6	9 ,2	17 ,8	10 ,5
	Amsterdam. .	52 22	2 30 E.	0	10 ,9	+ 2 ,7	10 ,9	18 ,8	10 ,9
	Bruxelles. . .	50 50	2 2 E.	0	11 ,0	+ 2 ,6	11 ,8	19 ,0	10 ,6
	Franecker. . .	52 36	4 2 E.	0	11 ,0	+ 2 ,6	10 ,6	19 ,6	12 ,4
	Philadelphie .	39 56	77 36 O.	0	11 ,9	+ 0 ,1	10 ,8	23 ,3	13 ,6
	New-York . . .	40 40	76 18 O.	0	12 ,1	— 1 ,2	10 ,7	26 ,2	12 ,5
	Cincinnati ⊙. .	39 6	85 00 O.	164	12 ,1	+ 0 ,5	12 ,3	22 ,7	12 ,7
	Saint-Malo. .	48 39	4 21 O.	0	12 ,3	+ 5 ,7	11 ,2	18, 9	13 ,2
	Nantes. . . .	47 13	3 52 O.	0	12 ,6	+ 4 ,7	12 ,5	20 ,3	13 ,1
	Pékin.	39 54	114 7 E.	0	12 ,7	— 3 ,1	13 ,5	28 ,1	12 ,4
	Milan ⊙. . . .	45 28	6 51 E.	127	13 ,2	+ 2 ,4	13 ,4	22 ,8	13 ,8
	Bordeaux. . .	44 50	2 54 O.	0	13 ,6	+ 5 ,6	13 ,6	21 ,6	13 ,5

MAXIMUM et MINIMUM		REMARQUES.
TEMPÉRATURE moyenne du mois le plus chaud.	TEMPÉRATURE moyenne du mois le plus froid.	
18 ,0	+ 3°,2	Thomas Young. La temp. moy. varie de 8°,8 à 10°,9 (*Lectures*, t. II, p. 453). Cavendish (*Philos. Trans.*, 1783, p. 61) 9°,3. Roebuck, Hunter et Kirwan 10°,9. Horsley 10°,7. (D'après Kirwan, les quatre saisons, à Londres : 4°,2 ; 10°,5 ; 18°,2 ; 11°,1 ; à Paris : 2°,6 ; 10°,6 ; 18°,8 ; 11°,4, d'où résulte Londres 10°,9, Paris 10°,8. Cotte, *Journ. de Phys.*, t. XXXIX, p. 36, adopte pour Londres 10°,7, pour Paris 11°,3.) Les différences que l'on observe dans les plantes soumises à la culture dépendent moins des temp. moy. que de la lumière directe et de la sérénité du ciel.
18 ,2	+ 3 ,2	7 années. Cotte (Lille 9°,1 ; Ronen 10°,8 ; Cambrai 11°,1 ; Soissons 11°,9 ; Rethel 11°,8 ; Metz 11,6 ; Nancy 11°,1 ; Étampes 10°,6 ; l'Aigle 10°,5 ; Brest 12°,3 ; Mayenne 11°,1.)
19 ,4	+ 1 ,9	Mohr et Van-Swinden, 5 années.
19 ,6	+ 2 ,0	13 années. Temp. peut-être un peu trop forte.
20 ,6	+ 0 ,5	11 années. Van-Swinden. De 1771 à 1783. Temp. moy. 10°,7.
25 ,0	+ 0 ,4	Sommet concave transatlantique. 7 années d'observ. donnent 12°,7 : Pour les quatre saisons : + 1°,1 ; 11°,7 ; 24°,0 ; 13°,4). Rush 11°,4 (Drake, *View of Cinc.*, p. 116). Coxe 12°,3. Legaux trouve par 17 années pour Springmill sur le Schuylkill (lat. 40° 50′) temp. moy. 11°,9. Sources près de Philadelphie 12°,7. Warden.
27 ,1	— 3 ,7	2 années seulement. Rétif de la Serve. Le thermom. descend quelquefois à — 20° dans le parallèle de Naples ! Sources 12°,7 (Ipswich, lat. 42° 38′ ; temp. moy. 10°,0. Williamsbourg en Virginie 14°,5. Cotte et Kirwan.) Système de climats transatlantiques.
23 ,5	— 1 ,0	Système de climats transatlantiques, à l'O. des Alleghanys. Bonnes observat. de 1806 à 1813. Colon Mansfield. (Drake, p. 93.) Minim. en hiver de — 15° à — 23° ; le 8 janvier 1797 a donné même — 27° par les 39° de latitude ! Maxim. de 32° à 42° à l'ombre sans reflet Le vent sud-ouest forme le tiers de tous les vents. Sources près de Cincinnati 12°,4. Il tombe peu de neige, mais elle est abondante entre 40° et 42° de lat.
19 ,4	+ 5 ,4	3 années seulement. Bougourd. (Dijon, haut. 263 m. ; lat. 47° 19′ ; temp. moy. 10°,5. Besançon, haut. 261 m. ; lat. 47° 14′ ; temp. moy. 10°,7.)
21 ,4	+ 3 ,9	6 années Duplessis et Boudan. La temp. de l'été peut-être trop forte. (La Rochelle 11°,7. Poitiers 11°,5.)
29 ,1	— 4 ,1	Amyot, 6 années. Sommet concave asiatique. 3 mois au-dessous de *zéro*, comme à Copenhague ; l'été comme à Naples.
23 ,7	+ 2 ,3	Un des points les mieux déterminés : j'ai fait calculer par décades les années 1789-1812. Observ. de l'astronome Reggio : avril 13°,2 ; octob. 14°,5. Les deux décades qui approchent le plus de la temp. moy. de l'année sont la première d'avril (11°,8) et la dernière d'octobre (12°,6). Les temp. moy. de janvier ont varié en dix ans de — 3°,9 à + 3°,6 ; celles de juillet, de 21°,9 à 25°,8 ; les moyennes des années, de 12°,5 à 14°. Reggio, en ne prenant que 24 maxim. et minim. par an pour 1763-1798, a trouvé temp. moy. 13°,0. *Effemer. astron. di Milano*, 1779, p. 82.)
22 ,8	+ 5 ,0	10 années. Guyot. Lyon (171 m.), 13°,2. (Mafra, près de Lisbonne, lat. 38° 52′ ; haut. 195 m. ; temp. moy. 13°,5 trop faible. *Mem. mathem. e phys. da Acad. de Lisboa*, t. II, 1799, p. 105-158.)

Suite du Tableau

BANDES ISOTHERMES.	NOMS des LIEUX.	POSITION en LATITUDE	POSITION en LONGITUDE	HAUTEUR en mètres.	TEMPÉRATURE moyenne de l'année.	PARTAGE DE LA CHALEUR ENTRE DIFFÉRENTES SAISONS. TEMPÉRATURE moyenne de l'hiver.	TEMPÉRATURE moyenne du printemps.	TEMPÉRATURE moyenne de l'été.	TEMPÉRATURE moyenne de l'automne.
Bandes isothermes de 15 à 20°.	Marseille. . . .	43° 17′	3° 2′ E.	0	15°,0	7°,5	14°,2	22°,5	15°,6
	Montpellier. . .	43 36	1 32 E.	0	15 ,2	6 ,7	13 ,7	24 ,3	16 ,1
	Rome ⊙	41 53	10 7 E.	0	15 ,8	7 ,7	14 ,3	24 ,0	17 ,1
	Toulon	43 7	3 30 E.	0	16 ,7	9 ,1	16 ,0	23 ,9	18 ,0
	Nangasacki. . .	32 45	127 35 E.	0	16 ,0	4 ,1	14 ,2	28 ,3	17 ,9
	Natchez ⊙ . . .	31 28	93 50 O.	58	18 ,2	9 ,2	18 ,6	26 ,2	18 ,9
Bandes isothermes de 20° à 25°.	Funchal ⊙. . .	32 37	19 16 O.	0	20 ,3	18 ,0	18 ,8	22 ,5	22 ,4
	Alger.	36 48	0 41 E.	0	21 ,1	16 ,4	18 ,7	26 ,8	22 ,5
Bandes isothermes de 25 à 30°.	Caire ⊙	30 2	28 58 E.	0	22 ,4	14 ,7	23 ,1	29 ,5	21 ,9
	Vera-Cruz ⊙. .	19 11	98 21 O.	0	25 ,4	22 ,2	25 ,5	27 ,5	25 ,9
	Havane ⊙ . . .	23 10	84 33 O.	0	25 ,6	21 ,8	26 ,1	28 ,5	26 ,1
	Cumana ⊙ . . .	10 27	67 35 O.	0	27 ,7	26 ,8	28 ,7	27 ,8	26 ,8

les Bandes isothermes.

MAXIMUM et MINIMUM		REMARQUES.
TEMPÉRATURE moyenne du mois le plus chaud.	TEMPÉRATURE moyenne du mois le plus froid.	
23°,7	6°,9	9 années (1772-1774 et 1777-1782). Saint-Jacques de Sylvabelle. Letherm. descend quelquefois à — 5°. (Cotte, *Traité de Météor.*, t. II, p. 420.) 34 années (Raymond, dans *Mém. de la Société de Méd.*, 1777, p. 86) donnent 16°,7. Cotte, *Journ. de Phys.*, t. XXXIX, p. 21, s'arrête à 14°,8; Kirwan à 16°,3. Les observ. faites à l'Observat. royal de Marseille pourront seules décider.
25 ,7	5 ,6	10 années. (Nîmes 15°,7; Perpignan 15°,3; Tarascon 15°,5; Arles 15°; Rieux 14°; Montauban 13°,1; Tonneins 12°,7; Dax 12°,3; Rhodez 13°,9; Aix 13°,7.) Sous l'équat. 14°,3 à 2900 m. de hauteur.
25 ,0	5 ,7	G. de Humboldt (Calandrelli 15°,6). Le therm. descend quelquefois à — 2°,5 et monte à 37°,5. Naples 19°,5; Toaldo donne, je crois, 17°,5 tout au plus. Florence 16°,4, d'après Tartini (évaluat. trop forte); Lucques 15°,8; Gênes 15°,7; Bologne 13°,5; Vérone 13°,2; Venise 13°,6; Padoue 13°,5. Kirwan regarde comme très-sûr qu'en Europe la temp. moy. par 40° de lat. est de 16°,6; par 50° de 11°,4.
25 ,0	8 ,0	2 années seulement. Barberet et d'Angos. Lieu abrité par les montagnes. Évaluation peut-être un peu trop forte.
30 ,5	3 ,0	Japon. Une année. (*Thunberg's Reise*, p. 121.) Climat des îles. Sous l'équat. 18° à 1950 m. de haut.
26 ,5	8 ,3	A l'O. des Alleghanys, dans la Louisiane. 4 années. Dunbar. Système de climats transatlantiques.
24 ,2	17 ,8	Madère. Climat des îles. (Sainte-Croix de Ténériffe 21°,9. Le reste de l'île de Ténériffe dans les plaines, 20°,7. De Buch.)
18 ,2	15 ,6	Observ. anciennes de Taitbout qui paraissent bonnes. (Bagdad, lat. 33° 19', d'après Beauchamps, 23°,2. Les quatre saisons : 10°,4; 23°,7; 33°,7; 23°,0; mais il faut tenir compte du reflet d'une maison. Le thermomètre baisse à — 1°,2.) Sous l'équat. à 975 m. de haut., temp. moy. 21°,8.
,9	13 ,4	J'ai fait calculer les observ. de Nouet (*Décade*, t. II, p. 213). Voici les temp. moy. des douze mois : 14°,5; 13°,4; 18°,1; 25°,5; 25°,7; 28°,7; 29°,9; 29°,9; 26°,2; 22°,4; 17°,2; 16°,3. (Niebuhr, 22°,6.) Temp. du puits Saint-Joseph, 22°,5. Hypogées de Thèbes, 27°,5. Puits de la grande Pyramide environnée de sables, 31°,2. Jomard. (Abushœr, sur le golfe Persique; temp. moy. 25°,5; hiver 17°,8; été 32°,7; juillet 34°.)
7	21 ,7	Orta. Humbold. *Nouv. Esp.*, t. IV, p. 516 (Jamaïque, côtes 27°. Blagden.)
3	21 ,1	Ferrer, 1810-1812 (*Conn. des tems*, 1817, p. 338). Puits de dix pieds de profondeur, l'air 24°,4; l'eau 23°,6. En 1812, maxim. (14 août) 30°,0; minim. (20 fév.) 16°,4. Grottes 27°,5. Humb., *Observ. astr*, t. I, p. 134.
,3	26 ,2	Humboldt. (Pondichéry 29°,5; Madras 26°,9; Manille 25°,6; Ile-de-France, côtes 26°,9.)

REMARQUE

SUR LES TABLES DES LIGNES ISOTHERMES

Rédigées en 1817 et en 1853.

Les tables précédentes sont les mêmes qui ont été publiées en 1817 dans les *Mémoires de la Société d'Arcueil;* elles contiennent les données que l'on avait pu obtenir à cette époque sur la température atmosphérique. On y trouve indiquées la longitude et la latitude géographique des lieux, leur élevation en mètres, la température moyenne de l'année entière, celle de l'hiver calculée d'après les mois de décembre, de janvier et de février, celle du printemps, de l'été et de l'automne, celle du mois le plus chaud et du mois le plus froid, enfin les sources principales auxquelles ont été puisés ces résultats. Mon but n'était pas de multiplier les documents outre mesure; je me proposais bien plutôt de présenter sous un point de vue général les divers groupes de température, ainsi que la répartition fort irrégulière de la température annuelle en chaleur hiémale et estivale, et de rendre possible le tracé des lignes isothermes, comme celui des lignes magnétiques. Je distinguai seulement six zones isothermes : de 0° à 5°, de 5° à 10°, de 10° à 15°, de 15° à 20°, de 20° à 25° et de 25° à 30°, et je mar-

quai de signes particuliers les points pour lesquels il existait plus de 8000 observations. Cette table est restée pendant vingt-cinq années le modèle et le fondement de beaucoup d'autres tables de même nature, publiées dans les traités de Météorologie. Lorsque je fus revenu me fixer en Allemagne, je confiai tout ce que j'avais recueilli de matériaux météorologiques au physicien Mahlmann, dont les savants déplorent la perte prématurée, en le priant de composer, avec les matériaux beaucoup plus riches qu'il avait rassemblés de son côté, et sur le modèle du tableau que j'avais publié en 1817, les quatre tableaux que j'insérai sous son nom dans mon livre de l'*Asie centrale*, pour éclaircir mes recherches sur les causes des inflexions des lignes isothermes. Ces tableaux contiennent 310 stations; c'est cinq fois plus que n'en renfermait le premier travail, que j'avais publié vingt-quatre ans auparavant dans les *Mémoires de la Société d'Arcueil*. Mahlmann, dans la traduction qu'il donna en 1844 de mon *Asie centrale*, a porté ce nombre à 422; les tableaux suivants, rédigés en 1853, ont été encore sensiblement améliorés. Grâce au dévouement de mon vieil ami le professeur Dove, mon collègue à l'Académie de Berlin, les documents ont été calculés de nouveau, et plus d'un quart a été rectifié d'après des observations toutes récentes. C'est aussi le professeur Dove qui m'a communiqué les indications relatives à 84 stations sur lesquelles on ne possédait pas de renseignements, et l'on peut dire que la

théorie de la distribution de la chaleur à la surface de la terre lui doit, plus qu'à aucun autre, les perfectionnements nouveaux qu'elle a reçus.

Les 506 stations mentionnées dans les tables suivantes forment une série qui se suit sans interruption. Cette série est déterminée par la progression des chiffres qui représentent la température moyenne de l'année, en allant des températures les plus froides à des températures de plus en plus élevées. Les lieux où la température moyenne de l'année est la même sont disposés d'après leur latitude géographique du sud au nord. Ainsi la place qu'occupe chaque lieu, et qui est marquée par un numéro d'ordre, est déjà un indice général d'après lequel on peut juger de la température de ce lieu relativement à celles des stations qui le précèdent ou qui le suivent.

Afin de faciliter les recherches, on a fait précéder les tables d'une liste où les mêmes noms sont rangés par ordre alphabétique, avec l'indication de la place qu'ils occupent dans les tables. Et comme les lecteurs peu familiarisés avec ces matières pourraient n'avoir point l'idée des localités peu importantes qui ont par hasard servi de stations, on a fait entrer dans ce catalogue les noms des contrées, des îles, etc., auxquelles elles appartiennent, en renvoyant aux stations mêmes où les observations ont été recueil-

lies. On n'a pu cependant multiplier beaucoup ces doubles indications, et l'on s'est borné aux cas où les éclaircissements étaient le plus nécessaires.

Lorsque les chiffres représentant la température ou l'élévation du sol sont remplacés par des points, cela veut dire que l'on n'a pu se procurer ce renseignement particulier. Un tiret — dans la colonne des mètres indique que la localité est située au niveau de la mer.

Abo. 79
Abousheher. 465
Ackworth. 230
Açores, *voy.* San-Miguel.
Aden. 489
Aix-la-Chapelle. 262
Ajansk. 30
Alais. 372
Albany. 252
Alderley-Rectory. . . . 200
Alep. 406
Alexandrie. 436
Alford. 145
Alger. 408
Alten. 51
Ambala. 453
Amsterdam. 268
Ancaster. 178
Andechs. 227
Andover. 224
Anjarakandy. 493
Ankober. 338
Antisana. 82
Antonio, Port (Jamaïque). 472
Apenrade. 198
Applegarth. 187
Archangel. 52
(Nouvelle-Archangel, *voy.* au mot Nouvelle).
Armstrong, Fort. . . . 296
Arnhem. 255
Arnstadt. 189
Arolsen. 208
Arys. 103
Assistance-Baie (Amér. du Nord). 5
Astrakhan. 223
Auburn. 164
Auckland (Nouvelle-Zélande). 375
Augsbourg. 177
Augusta. 326, 409
Ava. 475
Avignon. 362

Baireuth. 160
Bakou. 368
Bâle. 266
Baltimore. 330
Bangalore. 456
Bangkok. 496

Barbade, Ile, *voy.* Saint-Ann's.
Barcelone. 399
Barnaul. 47
Barthélemy, *voy.* Saint-Barthélemy.
Batavia. 481
Bath (Amér. du Nord). 134
Bâton-Rouge. 426
Beirout. 438
Bénarès. 473
Berlin. 238
Bermudes (Iles), *voy.* Saint-George.
Berne. 171
Bernard, *voy.* Saint-Bernard.
Bogenhausen. 162
Bogoslowsk. 38
Bogota, Santa-Fé de. 371
Bologne. 360
Bombay. 492
Boothia-Félix. 7
Bordeaux. 339
Boston. 228
Boukhara. 357
Boukharest. 273
Bowen, Port. 4
Brady, Fort. 77
Braunsberg. 132
Brême. 237
Brescia. 348
Breslau. 175
Brocken. 54
Brooke, Fort. 448
Brousse. 374
Bruxelles. 301
Bude. 287
Buenos-Ayres. 398
Buitenzorg (Java). . . . 462
Burlington. 144
Bushey-Heath. 275

Cadix. 400
Cagliari. 390
Caire, le. 449
Calcutta. 488
Camajore. 361
Cambridge (Amér. du Nord). 138, 206
Camden. 395
Canandaigua. 149
Canaries, Iles, *voy.* Ténériffe, Palmas.
Canea. 411
Canton. 442
Cap Nord. 44
Cap Palmas, *voy.* Palmas.
Capstadt. 388
Caracas. 447
Carlisle. 207
Carloe. 57
Carlsruhe. 299
Carlstadt (Suède). . . . 108
Cascina. 367
Catane. 425
Caton, *voy.* Saint-Hippolyte.
Cazenovia. 100
Châlons-sur-Marne. . . 315
Chapel-Hill. 380
Charkow. 121
Charleston. 421
Cheltenham. 284
Cherbourg. 316
Cherry-Balley. 110

Cherson. 259
Chiswick (près de Londres). 293
Christiania. 83
Christiansborg. 494
Churchill. 25
Cincinnati. 327
Clinch, Cantonnement. 435
Clunie-Manse. 192
Cobourg 168
Columbus, Fort (New-York). 311
Concord. 135
Confidence, Fort. . . . 10
Constantine. 404
Constantinople. 350
Copenhague. 157
Council-Bluffs. 294
Cracovie. 176
Crawford, Fort. 220
Cuba : *a*) Ile, *voy.* Havane, Matanzas.
b) New-York. . 96
Cumana. 497
Cuxhaven. 216

Damas. 416
Danzig. 158
Darjilling. 328
Détroit. 260
Dodabetta. 333
Dorpat. 89
Dover (Amér. du Nord). 148
Dresde. 214
Drontheim. 92
Dublin. 267
Dundas, Fort (île Melleville). 491
Dunfermline. 150

East-Hampton. 253
Eastport (États-Unis). . 97
Édimbourg. 186
Éger. 154
Elberfeld. 256
Énontékies. 33
Enterprise, Fort. . . . 12
Erfurt. 241
Erivan. 156
Eyafiordur. 43

Færöe, *voy.* Thorshavn.
Fairfield. 115
Falöün. 73
Famine, Fort. 87
Fayetteville. 136
Fellin. 70
Fernandina. 440
Flatbush. 303
Florence. 378
Fort, *voy.* toujours sous le nom qui vient après.
Franeker. 290
Francfort-sur-le-Mein. . 278
Franklin, Fort. 18
Fredonia. 250
Fredrikshavn. 173
Freiberg. 142
Fulda. 201
Funchal. 419
Futtigurh. 466

Genève 244
Genkingen (Souabe). . 129
Gênes. 382
George, Fort (Amér. du Nord-Ouest). 300

Germantown. 317
Gibraltar. 430
Gibson, Fort. 389
Giengen. 161
Gloster-Place. 414
Godthaab. 63
Gœttingue. 247
Gorigoretsk. 81
Gosport. 309
Göteborg. 172
Gotha. 151
Gothard, *voy.* Saint-Gothard.
Gratiot. 190
Groënland, Mer de. 21, 23, 24
Groënland, *voy.* Wolstenholme-Sound.
Guinée, Côtes de. . . . 499
Gütersloh. 225

Haapakyla (Suède). . . 41
Haarlem. 274
Hacha, Rio. 503
Halifax (Nouvelle-Écosse). 107
Halle. 240
Haller-Salzberg. 75
Hambourg. 217
Hannover (Amér. du Nord). 78
Havane. 468
(*Voy.* aussi Ubajoy).
Hebron (Labrador). . . 26
Heidelberg. 285
Helsingfors. 68
Helston. 310
Hernœsand. 61
Hobarton ou Hobarttown. 325
Hof (Franconie). 124
Hohenelb (Bohême). . 133
Hohenfurth. 137
Hohen-Peissenberg. . . 117
Homer. 111
Honolulu (îles Sandwich). 457
Hope, Fort (Amér. du Nord). 9
Houlton. 80
Howard, Fort. 139
Hudson. 246

Igloolik, Ile. 3
Ile Bourbon, *voy.* Saint-Denis.
Ile de France, *voy.* Port Louis.
Iluluk (Amér. russe). . 71
Indus, Delta. 467
Innsbruck. 243
Irkoutsk. 40
Islande, *voy.* Reikjavik.
Issny. 152
Ithaque. 196

Jakoutsk. 13
Jamaïque. 479
(*Voy.* aussi Antonio.)
Janeiro, *voy.* Rio de Janeiro.
Java, *voy.* Batavia, Buitenzorg.
Jefferson Barracks. . . . 351
Jekaterinenbourg, *voy.* Katharinenbourg.
Jekaterinoslaw, *voy.* Katherinoslaw.
Jéna. 231
Jesup, Fort. 417

Jever. 213
Kandy. 452
Karikal. 504
Kasan. 60
Katharinenbourg. . . . 46
Katherinoslaw. 183
Kathmandou. 405
Kendal. 199
Key-West. 460
Kielce. 167
Kinderhook. 185
Kinfauns-Castle. 193
King, Fort. 444
Kingston. 261
Klausenbourg. 258
Kobbe. 486
Kœnigsberg. 102
Kœthen. 239
Korennoje-Filipowskoje. 16
Kouka. 502
Koursk. 86
Koutaïs (Géorgie). . . . 366
Kremsmünster. 170

Labrador, *voy.* Hebron, Nain.
Laguna (Téneriffe). . . 402
Landskron. 169
Lansinbourgh. 233
La Rochelle, *voy.* Rochelle.
Las Palmas, *voy.* Palmas.
Lausanne. 272
Lead-Hills (Écosse). . . 120
Leavenworth, Fort. . . 319
Leyde. 269
Lemberg. 125
Lenkoran (Russie d'Asie). 364
Lewiston. 245
Lisbonne. 392
Little-Rock. 397
Louvain. 277
Lohughat. 377
Londres. 248
Près de Londres. . . 762
Louis, Port (île de France.) 463
Lowville. 123
Lubeck. 174
Lucques. 369
Lugan. 155
Lund. 141
Lyme-Regis. 305

Macao. 451
Mackinak, Fort. . . 76
Mâcon. 314
Madère, *voy.* Funchal.
Madras. 501
Madrid. 363
Maestricht. 297
Mafra. 354
Mahabouleschwour. . . 422
Milan. 335
Makerstoun. 165
Malaga. 429
Malmanger. 140
Man, Ile. 282
Manchester. 222
Manheim. 304
Manille. 484
Maracaybo. 505
Maranhão, *voy.* San Luis.
Marietta. 318
Marseille. 358

Massowah (Abyssinie). . 506
Matanzas (Cuba). . . . 474
Maurienne, Saint-Jean de 288
Medfield. 197
Melville, Ile. 1
(*Voy.* aussi Dundas).
Memel 119
Mendon. 210
Merkara. 432
Messine. 420
Metz. 263
Mexico. 396
Golfe de Mexico. . . 476
Middlebury. 191
Middletown. 329
Mitau. 98
Mobile. 437
Monroe, Fort. 376
Montevideo. 424
Montgomery. 385
Montmorency. 398
Montpellier. 346
Montréal. 126
Moscou. 74
Mossoul. 427
Munich. 232
Münster. 279
Muscatine 211
Mussuri. 356

Nagpour. 500
Nain (Labrador) . . . 28
Nangasaki. 401
Nashville. 370
Nassirabad 458
Natchez. 414
Naples. 391
Près de Naples. . . . 386
Nertschinsk. 29
New-Bedford. 281
Newburgh. 292
Newbury. 90
New-Harmony. 352
New-Malton. 221
Nicolosi. 410
Nicolajew. 257
Nilgherry, *voy.* Outa-Kamund.
Nijnei-Kolymsk. 11
Nijnei-Nowgorod. . . . 64
Nijnei-Taguilsk. 56
Nizza. 383
North-Salem. 229
Nouvelle-Archangel . . 109
Nouvelle-Orléans. . . . 441
Nouvelle-Zélande, *voy.* Auckland.
Nouvelle-Zemble. 14, 15, 22

Obir. 59
Odessa. 249
Oneida-Conference. . . . 118
Onondaga. 184
Orange. 340
Orel. 84
Orenbourg. 63
Orkneys, Iles, *voy.* Stromness.
Oudskoi. 27
Oustjansk (Sibérie). . . . 2
Oust-Sisolsk. 53
Outacamound (Nilgherry). 355
Oxford (Amér. du Nord). 128

Padoue. 331
Palerme. 403

Palmas, Cap. 485
Palmas, las (îles Canaries). 445
Paramaribo. 487
Paramatta. 412
Paris. 307
Pavie. 336
Peissenberg, *voy.* Hohen-Peissenberg.
Pékin. 332
Penzance. 313
Perpignan. 381
Pétersbourg. 66
Petite-Coquille. 443
Petropawlowsk. 58
Philadelphie. 306
Philipp, Fort. 434
Plymouth. 312
Pompey (États-Unis). . 95
Port, *voy.* toujours sous le nom qui vient après.
Portorico, *voy.* Puerto-Rico.
Portsmouth (Amér. du Nord). 205
Potsdam (New-York). . 114
Poughkeepsie. 289
Pounah 464
Præstoe. 181
Prague. 279
Providence. 215
Puerto-Rico. 477

Québec. 93
Quito. 384

Redout-Kaleh. 359
Regensbourg. 218
Rehberg. 113
Reikjavik (Islande). . . 69
Reliance, Fort. 19
Richmond. 351
Riga. 103
Rio-de-Janeiro. 455
Rio-Hacha, *voy.* Hacha.
Rochelle, la. 321
Rochester. 204
Rome. 379
Ross, Fort. 322
Rostock. 195
Rotenhaus. 202

Saatz 203
Sagan. 226
Saint-Ann's (Barbade). . 461
» Augustin. 439
» Barthélemy. . . . 480
» Bernard. 37
Sainte-Croix. 482
Saint-Denis (île Bourbon). 469
» Gall. 147
» George (îles Bermudes). 431
» Gotthard. 39
Sainte-Hélène. 394
Saint-Hippolyte-de-Caton. 385
» Jean-de-Maurienne, *voy.* Maurienne.
» Jean (Terre-Neuve). 67
» Louis: *a*) (Miss.) . 342
» *b*) (Sénégal). 459
» Pétersbourg, *voy.* Pétersbourg.
Salem. 234
(*Voy.* aussi North-Salem.)

Salzuffeln. 254
Sandwich, Iles, *voy.* Honolulu.
Sandwick. 179
San Francisco. 347
» Luis do Maranhão. 495
» Miguel (Açores). . 407
Santa Cruz (Téneriffe). . 446
» Fé de Bogota, *voy.* Bogota.
» Maria (Stelvio). . 34
Saratow. 104
Savannah. 423
Schiedam. 271
Schneekoppe. 48
Seharanpour. 450
Sénégal, *voy.* Saint-Louis.
Seringapatnam. 471
Sevastopol. 324
Shangae. 387
Sidney. 412
Siegmaringen. 209
Simpheropol. 280
Simpson, Fort. 31
Singapore. 490
Slatoust (Oural). 42
Smithville. 418
Smyrne. 413
Snelling, Fort. 143
Sœndmœr (Norwége). . . 91
Spitzberg. 20
Stargard. 188
Stelvio, *voy.* Santa Maria.
Stockholm. 94
Stralsund. 194
Strasbourg. 291
Stronmess (Iles Orkney). 180
Stuttgart. 286
Swinemünde, près de 212
Tabor. 182
Tambow (Russie). . . . 85
Tara. 45
Tegernsee. 122
Téneriffe, *voy.* Laguna, Santa Cruz.
Tepl (Bohême). 105
Terre-Neuve, *voy.* Saint-John.
Thorshavn (Færöe) . . . 153
Tiflis. 337
Tilsit. 112
Tobolsk. 35
Toronto. 130
Tortola. 478
Toulon. 365
Toulouse. 341
Towson, Fort. 393
Trébisonde. 373
Trevandrum. 483
Trèves. 295
Trieste. 343
Trinconomale. 498
Tschusan. 415
Tubingue 219
Tunis. 433
Turin. 323

Ubajoy (près de la Havane). 454
Udine. 334
Uleaborg. 49
Ullensvang. 140
Umea. 59
Upsal. 88
Utica 163

Vancouver, Fort. 320
Varsovie. 146
Venise. 349
Vent. 55
Veracruz. 470
Vienne. 302
Villanova. 428

Wangen (Souabe). . . 251
Wartenberg. 166
Washington. 345
Wellington, Port. . . . 344
Wexiö. 131
Whitehaven. 265
Wilkins, Fort. 106
Williamstown. . . . 72, 127
Wilna. 116
Winnebago, Fort. . . . 99
Winter, Ile. 8
Wœro. 65
Wolcott, Fort. 264
Wologda. 62
Wolstenholme-Sound (Groënland). 6
Wurzbourg. 298

York: *a*) (Stadt). . . . 236
b) Fort. 32
Yukon. 17

Zittau. 159
Zürich. 242
Zwanenbourg. 283

BANDES ISOTHERMES ET DISTRIBUTION

(Tables rédigées

Température moyenne de l'année et répartition de cette température dans les différ

placer le signe + devant les chiffres indiquant

LIEUX.	LATITUDE géographique.	LONGITUDE orient. ou occident. à partir du méridien de Paris.	HAUTEUR au-dessus du niveau de la mer en mètr.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	du printemps.
1. Ile Melville	74° 47′ N.	113° 8′ O.	—	—18°,7	—33°,5	—19°,5
2. Oustjansk (Sibérie)	70 55 »	133 22 E.	—	—16 ,6	—38 ,4	—14 ,7
3. Ile Igloolik	69 19 »	84 23 O.	—	—16 ,6	—29 ,7	—16 ,8
4. Port Bowen	73 14 »	91 15 »	—	—15 ,8	—31 ,7	—21 ,0
5. Baie Assistance (Amér. Sept.)	74 40 »	91 56 »	—	—15 ,8	—32 ,6	—18 ,0
6. Wolstenholme (Groënland)	76 33 »	66 36 »	—	—15 ,8	—33 ,7	—18 ,6
7. Boothia Félix	70 2 »	94 10 »	—	—15 ,7	—33 ,2	—20 ,7
8. Ile Winter	66 11 »	85 31 »	—	—14 ,0	—29 ,1	—14 ,2
9. Fort Hope (Amér. Sept.)	66 32 »	89 16 »	—	—13 ,2	—31 ,7	—15 ,4
10. Fort Confidence	66 54 N.	121 9 O.	....	....	—32 ,0	....
11. Nijnei Kolymsk	68 32 »	158 34 E.	—	....	—32 ,4	— 8 ,2
12. Fort Enterprise	64 28 »	115 26 O.	253	....	—30 ,9	—13 ,2
13. Jakoutsk	62 1 »	127 24 E.	87	—11 ,0	—38 ,2	— 9 ,5
14. Nouvelle-Zemble	70 37 »	55 27 »	—	— 9 ,4	—16 ,0	—15 ,9
15. — —	73 19 »	51 30 »	—	— 8 ,4	—19 ,0	—11 ,8
16. Korennoje Filipowskoje	71 5 »	116 13 »	—	— 8 ,4	—19 ,0	—11 ,8
17. Yukon	66 »	144 40 O.	58	— 8 ,4	—31 ,0	— 9 ,9
18. Fort Franklin	65 12 »	125 33 »	68	— 8 ,2	—27 ,2	—10 ,0
19. Fort Reliance	62 46 »	109 1 »	107	....	—29 ,1	—10 ,7
20. Spitzberg	80 N.	14 E.	—	....	....	....
21. Mer du Groënland	78 »	près du Spitzberg.	—	— 7 ,7	....	— 9 ,4
22. Nouvelle-Zemble	73 57 »	52 28 E.	—	— 7 ,3	—14 ,1	—10 ,3
23. Mer du Groënland	72 »	21 O.	—	....	....	....
24. — —	80 »	8 E.	—	....	....	....
25. Churchill	59 2 »	90 50 O.	—	— 7 ,2	—27 ,8	— 7 ,6
26. Hebron (Labrador)	58 »	66 »	....	— 5 ,3	—18 ,8	— 7 ,7
27. Oudskol	54 30 »	132 39 E.	—	— 4 ,6	—27 ,8	— 3 ,1
28. Nain (Labrador)	57 10 »	64 10 O.	—	— 3 ,8	—18 ,3	— 6 ,1
29. Nertschinsk	51 55 »	114 9 E.	565	— 3 ,7	—26 ,5	— 1, 1
30. Ajansk	56 27 N.	136 6 E.	—	— 3 ,6	—18 ,7	— 4 ,2
31. Fort Simpson	62 11 »	123 52 O.	78	— 3 ,5	—23 ,5	— 2 ,8
32. Fort York	57 0 »	90 6 »	—	— 3 ,3	—19 ,2	— 7 ,1
33. Enontekies	68 40 »	20 0 E.	435	— 2 ,7	—17 ,0	— 3 ,9
34. St. Maria (Stello)	46 31 »	8 4 »	2480	— 2 ,7	—10 ,8	— 4 ,6
35. Tobolsk	58 11 »	65 56 »	35	— 2 ,4	—19 ,8	....
36. Godthaab	64 10 »	54 2 O.	....	— 1 ,9	—10 ,0	— 2 ,9
37. St. Bernard *a*)	45 50 »	4 45 E.	2494	— 1 ,3	— 8 ,3	— 2 ,5
b)	45 50 »	4 45 »	—	— 1 ,9	— 8 ,6	— 3 ,3
38. Bogoslowsk	59 44 »	57 40 »	156	— 1 ,3	—18 ,1	— 1 ,3
39. St. Gotthard	46 33 »	6 14 »	2095	— 0 ,8	— 7 ,6	— 2 ,7

rentes saisons. — Les degrés sont ceux du thermomètre centigrade; on a négligé de les températures au-dessus de 0.

TEMPÉRATURE MOYENNE					NOMBRE des ANNÉES D'OBSERVATIONS et REMARQUES.
de l'été.	de l'automne.	du mois le plus froid.		du mois le plus chaud.	
2°,8	—18°,0	—35°,8	Févr.	5°,8 Juil.	1; observations marines de Parry.
9 ,2	—23 ,9	—40 ,3	Janv	13 ,7 »	1—3; Wrangel.
1 ,7	—14 ,0	—33 ,5	Déc.	3 ,9 »	1; observ. mar. de Parry.
2 ,7	—11 ,9	—33 ,8	»	3 ,8 »	1; observ. mar.
2 ,2	—14 ,8	—34 ,3	Févr.	2 ,7 »	1; observ. mar.
3 ,3	—14 ,2	—36 ,7	»	4 ,7 »	1; observ. mar.
3 ,4	—12 ,4	—35 ,6	»	5 ,1 »	2—3.
1 ,7	— 8 ,0	—31 ,1	»	2 ,7 Août	1; observ. mar.
4 ,4	—10 ,0	—34 ,1	Janv.	6 ,7 Juil.	1
. . . .	. . . .	—34 ,0	Janv.	10 ,5 Juil.	1
. . . .	—17 ,3	—35 ,1	»	. . . . .	1—3; nouveau style chronologique.
. . . .	— 7 ,3	—34 ,2	Déc.	. . . . .	1
14 ,7	—11 ,0	—41 ,8	Janv.	17 ,0 Juil.	15; nouv. style.
2 ,0	— 7 ,9	—23 ,7	Mars	3 ,1 Août	1; observ. faites sur les rochers. Détr. de Kara; nouv. style.
3 ,6	— 6 ,3	—22 ,1	Févr.	5 ,0 »	1; extrém. occid. du détroit de Matotschkin; nouv. style.
7 ,3	— 6 ,3	—22 ,1	Févr.	5 ,0 »	
15 ,4	— 8 ,1	—32 ,7	Janv.	18 ,7 Juil.	1
10 ,2	— 6 ,0	—30 ,2	»	11 ,2 »	1—2; à l'O. de la baie d'Hudson.
. . . .	. . . .	—31 ,7	»	. . . . .	1—2; résultat de 15 observ. par jour.
3 ,4	. . . .	. . . . .		4 ,6 Juil.	1
1 ,4	. . . .	. . . . .		2 ,8 »	6—12; observ. mar.; Scoresby.
4 ,2	— 7 ,4	—17 ,2	Nov.	5 ,3 »	1; baie peu profonde; nouv. style.
1 ,4	. . . .	. . . . .		1 ,8 Août	1; observ. mar.
1 ,4	. . . .	. . . . .		2 ,2 Juil.	1; observ. mar.
11 ,2	— 4 ,7	—31 ,4	Janv.	14 ,0 »	1
6 ,1	— 0 ,8	—20 ,7	Févr.	9 ,5 Août	2
14 ,9	— 2 ,7	—29 ,7	Déc.	16 ,1 Juil.	1; nouv. style.
7 ,5	1 ,6	—20 ,6	Janv.	9 ,9 Août	4—5
16 ,2	— 3 ,3	—29 ,5	»	17 ,9 Juil.	8 1/2; nouv. style.
10 ,8	— 2 ,0	—20 ,9	Janv.	12 ,6 Juil.	4; nouv. style.
15 ,1	— 2 ,8	—24 ,8	»	17 ,5 Juin	1—3; Nouvelle Bretagne centrale.
12 ,3	0 ,8	—21 ,4	Févr.	13 ,3 Juil.	1
12 ,6	— 2 ,7	—17 ,8	Janv.	14 ,5 »	4
7 ,5	— 3 ,0	—12 ,5	»	9 ,4 »	10
14 ,0?	. . . .	. . . . .		. . . . .	15; résultat incertain.
6 ,0	— 0 ,6	—10 ,6	Janv.	6 ,5 Juil.	1—3
6 ,3	— 0 ,9	— 9 ,2	»	6 ,8 »	33
5 ,3	— 1 ,0	—10 ,3	»	6 ,0 »	10; d'après Plantamour.
16 ,0	— 1 ,3	—19 ,1	Déc.	18 ,9 »	11; nouv. style.
6 ,7	0 ,0	— 8 ,4	Févr.	7 ,5 Août	10—11

Suite du Tableau des

LIEUX.	LATITUDE géographique.	LONGITUDE orient. ou occident. à partir du méridien de Paris.	HAUTEUR au-dessus du niveau de la mer en mètr.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	du printemps.
40. Irkoutsk	52° 16′ N.	101° 58′ E.	409	—0°,7	—18°,5	0°,6
41. Haapakyla (Suède)	66 27 »	21 27 »	. . . .	—0 ,5	—14 ,2	— 2 ,3
42. Slatoust (Oural)	55 11 »	57 32 »	320	—0 ,3	—16 ,2	— 0 ,2
43. Eyaflordur	65 40 »	22 0 O.	—	0 ,0	— 6 ,2	— 2 ,2
44. Cap-Nord (Norwége)	71 10 »	23 30 E.	—	0 ,1	— 4 ,6	— 1 ,3
45. Tara	56 53 »	72 4 »	—	0 ,1	—20 ,8	0 ,1
46. Katharinenbourg	56 48 »	58 15 »	250	0 ,4	—45 ,4	1 ,0
47. Barnaul	53 19 »	81 43 »	117	0 ,5	—17 ,6	0 ,8
48. Schneekoppe	50 44 »	13 24 »	1598	. . . .	. . . .	. . . .
49. Uleaborg	65 3 »	23 6 »	—	0 ,7 P	—11 ,1	— 2 ,.
50. Obir	46 37 N.	12 0 E.	2040	0 ,7	— 5 ,2	— 1 ,6
51. Alten	69 58 »	21 23 »	—	0 ,8	— 7 ,5	— 1 ,3
52. Archangel	64 32 »	38 13 »	—	0 ,8	—12 ,7	— 0 ,3
53. Oust-Sisolsk	61 40 »	48 33 »	—	0 ,8	—13 ,7	0 ,6
54. Brocken	51 48 »	8 17 »	1136	1 ,3	— 6 ,4	— 0 ,1
55. Vent	46 52 »	8 35 »	1880	1 ,3	— 7 ,4	— 0 ,3
56. Nijnei Taguilsk	57 56 »	57 48 »	—	1 ,9	—15 ,4	2 ,3
57. Carloe	65 0 »	22 30 »	—	2 ,0	— 9 ,4	— 0 ,2
58. Petropawlowsk	53 0 »	156 19 »	—	2 ,0	— 7 ,1	— 0 ,3
59. Umea	63 50 »	17 56 »	—	2 ,1	—10 ,2	0 ,6
60. Rasan	55 47 N.	46 47 E.	. . . .	2 ,1	—14 ,5	2 ,6
61. Hernosand	62 38 »	15 33 »	—	2 ,3	— 8 ,1	0 ,.
62. Wologda	59 14 »	37 33 »	—	2 ,7	— 9 ,9	1 ,3
63. Orenbourg	51 45 »	52 46 »	71	2 ,8	—12 ,8	4 ,.
64. Nijnei Nowgorod	56 20 »	41 41 »	. . . .	3 ,1	—10 ,4	5 ,6
65. Woero	63 9 »	19 39 »	—	3 ,4	— 8 ,0	2 ,0
66. St-Pétersbourg *a*)	59 56 »	27 59 »	—	3 ,4	— 8 ,1	1 ,8
b)	59 56 »	27 59 »	—	3 ,7	— 7 ,1	2 ,1
67. St-Jean (Terre-Neuve)	47 34 »	54 58 O.	42	3 ,5	— 4 ,9	0 ,2
68. Helsingfors	60 10 »	22 41 E.	—	3 ,7	— 6 ,4	1 ,2
69. Reikjavik (Islande)	64 8 »	24 16 O.	—	4 ,0	— 1 ,6	2 ,4
70. Felliu	58 22 N.	23 18 E.	—	4 ,0	— 5 ,6	2 ,1
71. Iluluk (Amér. russe)	53 52 »	168 45 »	. . . .	4 ,1	— 0 ,1 0 ,2	2 ,. 1 ,.
72. Williamstown	44 7 »	74 52 O.	487	4 ,1	— 8 ,7	3 ,.
73. Faloun (Suède)	60 39 »	13 25 E.	120	4 ,4	— 5 ,5	3 ,.
74. Moskou *a*)	55 46 »	35 17 »	170	4 ,5	— 9 ,1	4 ,.
b)	55 46 »	35 17 »	170	4 ,3	— 9 ,1	3 ,.
75. Haller Salzberg	47 18 »	9 7 »	1472	4 ,4	— 2 ,7	2 ,.
76. Fort Mackinak	45 51 »	87 25 O.	—	4 ,4	— 7 ,3	2 ,.
77. Fort Brady	46 39 »	87 16 »	181	4 ,5	— 7 ,7	3 ,.
78. Hannover (Amér. du Nord)	43 40 »	74 30 »	. . . .	4 ,5	— 8 ,8	3 ,.
79. Abo	60 27 »	19 57 E.	—	4 ,6	5 ,4	2 ,.

Bandes isothermes.

TEMPÉRATURE MOYENNE					NOMBRE des ANNÉES D'OBSERVATIONS et REMARQUES.
de l'été.	de l'automne.	du mois le plus froid.		du mois le plus chaud.	
16°,1	—0°,9	—21°,2	Janv.	17°,0 Juil.	15; nouv. style.
14 ,4	0 ,1	—15 ,9	»	16 ,4 »	30
15 ,0	0 ,0	—18 ,0	»	17 ,0 »	12; nouv. style.
7 ,7	1 ,4	— 7 ,6	Déc.	8 ,3 »	2
6 ,4	—0 ,1	— 5 ,5	Janv.	8 ,1 »	1; résultat incertain.
20 ,6	—0 ,4	—22 ,9	»	22 ,6 »	10; nouv. style.
15 ,9	0 ,7	—16 ,8	»	18 ,0 »	14; nouv. style.
18 ,1	0 ,2	—20 ,1	»	20 ,0 »	12; nouv. style.
8 ,1	. . . .	. . . . .		9 ,0 »	8—10
14 ,3	—2 ,2	—13 ,5	Janv.	16 ,4 »	6; résult. incert.
8 ,4	1 ,2	— 6 ,1	Mars.	10 ,3 Juin	1
11 ,1	0 ,8	— 9 ,2	Févr.	12 ,4 Août	11
13 ,9	1 ,9	—13 ,9	Janv.	15 ,6 Juil.	18—19; nouv. style.
15 ,0	1 ,3	—13 ,6	»	16 ,6 »	18; nouv. style.
9 ,1	2 ,6	— 8 ,1	»	9 ,5 Août	14
12 ,4	0 ,5	— 8 ,1	Févr.	12 ,7 Juil.	1
19 ,1	1 ,6	—17 ,5	Janv.	21 ,1 »	6; nouv. style.
14 ,5	3 ,4	—11 ,0	»	16 ,3 »	18
12 ,6	3 ,1	. . . . .		. . . . .	2; nouv. style.
14 ,1	3 ,1	—11 ,3	Janv.	16 ,2 Juil.	8—9
17 ,1	2 ,6	—16 ,5	Janv.	18 ,6 Juil.	11—12; nouv. style.
13 ,4	3 ,6	— 8 ,7	»	14 ,8 »	28
16 ,9	2 ,6	—10 ,6	Févr.	17 ,9 »	6; nouv. style.
9 ,1	0 ,6	—14 ,4	Janv.	20 ,2 »	3; nouv. style.
17 ,6	1 ,1	—14 ,5	Déc.	20 ,7 »	1—2; nouv. style.
15 ,6	3 ,9	— 9 ,3	Janv.	17 ,5 »	25
15 ,8	4 ,3	— 9 ,3	»	17 ,1 »	40; nouv. style.
15 ,9	4 ,6	— 9 ,0	»	17 ,0 »	25; nouv. style.
12 ,2	6 ,5	— 6 ,2	Févr.	14 ,4 Août	5
14 ,8	5 ,3	— 8 ,1	Janv.	16 ,0 Juil.	11
12 ,0	3 ,3	— 2 ,1	Févr.	13 ,5 »	14—15
14 ,4	4 ,6	— 6 ,6	Janv.	15 ,5 Juil.	25; ancien style ramené au nouveau.
10 ,5	3 ,7	— 1 ,1	Déc.	13 ,5 Août	1—2; ancien style ramené au nouveau.
9 ,1	5 ,8	. . . . .		11 ,8 »	
16 ,4	5 ,3	— 9 ,2	Janv.	17 ,8 Juil.	13
14 ,6	5 ,3	— 7 ,4	»	15 ,8 »	9
17 ,9	4 ,4	—10 ,0	»	19 ,2 »	26
18 ,4	4 ,8	—11 ,8	»	18 ,6 »	10; nouv. style.
11 ,7	6 ,2	— 2 ,9	»	12 ,3 Juin	1
16 ,0	6 ,4	— 8 ,9	Févr.	17 ,4 Juil.	9
16 ,5	6 ,1	— 8 ,8	»	17 ,9 »	18
17 ,1	6 ,3	. . . . .		. . . . .	3; résult. trop faible; années froides.
15 ,7	5 ,4	— 6 ,1	Janv.	17 ,6 Juil.	17

LIEUX.	LATITUDE géographique.	LONGITUDE orient. ou occident. à partir du méridien de Paris.	HAUTEUR au-dessus du niveau de la mer en mètr.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	du printemps.
80. Houlton	46° 8′ N.	70° 9′ O.	195	4°,6	— 8°,8	4°,2
81. Gorigoretsk	54 30 »	28 5 E.	156	4 ,7	— 7 ,9	4 ,0
82. Antisana	0 14 »	81 5 O.	3995	4 ,9	3 ,5	4 ,9
83. Christiania	59 54 »	8 25 E.	—	5 ,0	— 5 ,3	4 ,6
84. Orel	52 58 »	53 46 »	—	5 ,0	— 8 ,9	3 ,6
85. Tambow (Russie)	52 47 »	39 8 »	62?	5 ,0	— 9 ,1	8 ,3
					— 9 ,1	5 ,2
86. Koursk	51 44 »	33 54 »	—	5 ,0	— 8 ,0	4 ,4
87. Port Famine	53 38 S.	73 14 O.	—	. . . .	1 ,1	. . . .
88. Upsal	59 52 N.	15 18 E.	—	5 ,1	— 3 ,9	3 ,3
				5 ,3	. . . .	. . . .
89. Dorpat	58 23 »	24 23 »	64	5 ,2	— 4 ,1	4 ,0
90. Newbury	41 9 N.	81 25 O.	48	8 ,2	— 7 ,3	4 ,9
91. Sœndmœr (Norwége)	62 30 »	4 0 E.	—	5 ,8	— 2 ,7	4 ,0
92. Drontheim	63 25 »	8 2 »	. . . .	5 ,4	— 2 ,4	4 ,5
93. Québec	46 49 »	73 36 O.	—	5 ,5	— 9 ,9	3 ,8
94. Stockholm	59 21 »	15 43 E	40	5 ,6	— 3 ,6	3 ,5
95. Pompey (États-Unis)	42 56 »	78 25 O.	390	8 ,6	— 6 ,2	4 ,8
96. Cuba (New-York)	42 20 »	80 20 »	465	5 ,6	— 5 ,9	4 ,4
97. Eastport (États-Unis)	44 54 »	69 16 »	—	6 ,0	— 4 ,6	4 ,6
98. Mitau	56 39 »	21 24 E.	—	6 ,1	— 4 ,1	4 ,9
99. Fort Winnebago	43 35 »	91 18 O.	—	6 ,1	— 7 ,9	6 ,9
100. Cazenovia	42 55 N.	78 6 O.	384	6 ,1	— 5 ,8	5 ,4
101. Riga	56 57 »	21 46 E.	—	6 ,2	— 4 ,0	4 ,9
102. Kœnigsberg	54 43 »	18 10 »	—	6 ,2	— 3 ,3	5 ,3
103. Arys	53 48 »	19 47 »	146	6 ,2	— 4 ,3	5 ,3
104. Saratow	51 31 »	43 46 »	—	6 ,2	— 8 ,2	6 ,7
105. Tepl (Couvent, Bohême)	49 58 »	10 33 »	643	6 ,2	— 2 ,7	5 ,8
106. Fort Wilkins	47 27 »	90 20 O.	—	6 ,2	— 4 ,9	6 ,8
107. Halifax (Nouv.-Écosse)	44 39 »	65 57 »	—	6 ,2	— 4 ,4	2 ,9
108. Carlstadt (Suède)	59 23 »	11 10 E.	52	6 ,3	— 2 ,7	4 ,7
109. Nouvelle-Archangel *a*)	57 3 »	137 38 O.		6 ,3	1 ,0	4 ,7
b)	57 3 »	137 38 »		5 ,9	0 ,0	4 ,4
110. Cherry-Balley	42 48 N.	77 7 O.	407	6 ,3	— 5 ,6	5 ,4
111. Homer	42 38 »	78 31 »	333	6 ,3	— 5 ,1	5 ,6
112. Tilsit	55 4 »	19 33 E.	—	6 ,4	— 3 ,8	5 ,7
113. Rehberg	49 6 »	11 7 »	818	6 ,4	— 2 ,5	5 ,8
114. Potsdam (New-York)	44 40 »	77 20 O.	120	6 ,4	— 6 ,7	6 ,1
115. Fairfield	43 5 »	77 15 »	360	6 ,4	— 6 ,0	5 ,7
116. Wilna	54 41 »	22 58 E.	117	6 ,5	— 3 ,8	5 ,8
117. Hohen-Peiszenberg	47 48 »	8 41 »	974	6 ,5	— 1 ,2	5 ,9
118. Oneida-Conference	42 55 »	78 6 O.	390	6 ,5	— 5 ,6	5 ,7
119. Memel	55 43 »	18 18 E.	—	6 ,6	— 2 ,7	5 ,0

Bandes isothermes.

TEMPÉRATURE MOYENNE de l'été.	de l'automne.	du mois le plus froid.	du mois le plus chaud.	NOMBRE des ANNÉES D'OBSERVATIONS et REMARQUES.
17°,2	6°,2	— 9°,6 Janv.	18°,4 Juil.	14
16 ,9	5 ,9	— 9 ,6 »	18 ,0 »	6; nouv. style.
5 ,7	5 ,6	2 ,9 Févr.	6 ,2 »	1
15 ,6	5 ,8	— 5 ,9 Janv.	16 ,1 »	14
18 ,9	6 ,1	— 9 ,9 »	20 ,3 »	8; nouv. style.
18 ,5	2 ,5	—10 ,3 »	20 ,1 »	13; ancien style ramené au nouveau.
18 ,6	4 ,7	—10 ,9 »	19 ,9 »	
18 ,0	5 ,6	— 8 ,8 »	19 ,3 »	12
. . . .	5 ,7	0 ,6 »	. . . . .	1; P. King.
15 ,1	6 ,1	— 5 ,1 »	16 ,2 Juil.	32; observ. plus récentes.
. . . .	. . . .	— 5 ,0 »	16 ,8 »	83
16 ,8	5 ,3	— 6 ,8 »	17 ,5 Août	6
18 ,7	8 ,4	— 8 ,4 Janv.	19 ,8 Juil.	13
13 ,3	6 ,5	— 4 ,4 »	14 ,3 »	19
13 ,4	4 ,7	— 4 ,9 »	14 ,8 Août	2
20 ,2	7 ,8	—11 ,6 »	21 ,8 Juil.	3
16 ,1	6 ,5	— 4 ,5 »	17 ,6 »	65
17 ,5	6 ,1	— 6 ,6 »	18 ,7 »	16—17
17 ,3	6 ,5	. . . . .	. . . . .	2—3
16 ,0	8 ,1	— 5 ,4 Janv.	17 ,4 Juil.	12
16 ,7	6 ,6	— 5 ,5 »	17 ,5 »	25; nouv. style.
19 ,0	6 ,6	— 8 ,6 Févr.	20 ,5 »	10
17 ,9	7 ,1	— 6 ,4 Févr.	19 ,2 Juil.	12—13
16 ,5	7 ,6	— 5 ,2 Janv.	17 ,5 »	7; ancien style ramené au nouveau.
15 ,9	6 ,7	— 4 ,2 »	17 ,0 »	24
16 ,6	6 ,8	— 5 ,5 »	17 ,0 »	17
21 ,4	7 ,1	—10 ,3 »	. . . . .	1
15 ,0	6 ,7	— 4 ,1 »	15 ,5 Juil.	11
16 ,9	6 ,6	— 6 ,3 Déc.	18 ,4 Août	2
17 ,2	9 ,0	— 5 ,2 Janv.	19 ,2 Juil.	2, 3, 8 et 9
16 ,2	6 ,9	— 3 ,6 »	17 ,5 »	10
12 ,5	6 ,3	0 ,8 Déc.	12 ,3 Août	10; nouv. style.
12 ,4	6 ,6	1 ,2 Janv.	12 ,9 »	5 1/2; observ. horaires; nouv. style.
18 ,5	7 ,0	— 6 ,7 Févr.	19 ,8 Juil.	13
17 ,8	7 ,1	— 6 ,4 »	18 ,8 »	11
16 ,5	7 ,2	— 5 ,5 Janv.	17 ,2 »	32
15 ,5	6 ,8	— 3 ,9 »	16 ,0 »	10
19 ,1	7 ,4	— 7 ,4 Févr.	20 ,2 »	20
18 ,3	7 ,8	— 6 ,6 »	19 ,0 »	17
17 ,4	6 ,6	— 6 ,6 Janv.	19 ,0 »	6; nouv. style.
14 ,3	6 ,8	— 2 ,3 »	14 ,8 »	54
18 ,9	7 ,0	— 6 ,0 Févr.	19 ,4 »	19
16 ,4	7 ,8	— 3 ,6 Janv.	17 ,0 »	10

Suite du Tableau de

LIEUX.	LATITUDE géographique.	LONGITUDE orient. ou occident. à partir du méridien de Paris.	HAUTEUR au-dessus du niveau de la mer en mètr.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	du printemps
120. Lead-Hills (Écosse).	55° 25′ N.	6° 8′ O.	390	6°,6	0°,2	6°,4
121. Charkow.	50 »	54 E.	—	6 ,6	— 6 ,3	3 ,6
122. Tegernsee.	47 42 »	9 25 »	735	6 ,6	— 1 ,9	5 ,7
123. Lowville	43 47 »	77 53 O.	243	6 ,6	— 5 ,9	5 ,7
124. Hof (Franconie)	50 19 »	9 37 E.	495	6 ,7	— 1 ,5	5 ,4
125. Lemberg.	49 51 »	41 42 »	?	6 ,7	— 4 ,1	6 ,6
126. Montréal.	45 31 »	75 55 O.	. . . .	6 ,7	— 8 ,2	6 ,3
127. Williamstown	42 43 »	75 33 »	302?	6 ,7	— 5 ,9	5 ,1
128. Oxford (Amér. du Nord). .	42 28 »	77 52 »	292	6 ,7	— 5 ,4	6 ,2
129. Genkingen (Souabe). . . .	48 25 »	6 50 E.	780	6 ,8	— 1 ,6	6 ,8
130. Toronto.	43 39 N.	81 41 O.	103	6 ,8	— 3 ,9	4 ,9
131. Wexlö.	56 53 »	12 25 E.	146	6 ,9	— 2 ,3	5 ,3
131. Braunsberg.	54 19 »	17 34 »	—	6 ,9	— 3 ,8	6 ,0
133. Hohenelb (Bohême)	50 38 »	13 14 »	458	6 ,9	— 2 ,5	4 ,2
134. Bath (Amér. du Nord). . .	43 54 »	72 8 O.	. . . .	6 ,9	— 4 ,9	5 ,3
135. Concord	43 12 »	73 49 »	. . . .	6 ,9	— 5 ,2	5 ,9
136. Fayetteville.	42 58 »	75 2 »	. . . .	6 ,9	— 6 ,2	6 ,0
137. Hohenfurth.	48 37 »	12 34 E.	565	7 ,0	— 3 ,1	7 ,3
138. Cambridge (Washington).	43 1 »	75 43 O.	. . . .	7 ,0	— 5 ,4	6 ,5
139. Fort Howard.	44 40 »	89 22 »	185	7 ,1	— 6 ,2	6 ,6
140. Ullensvang.	60 19 N.	4 20 E.	—	7 ,2	— 0 ,1	6 ,0
et Malmanger.	59 58 »	6 20 »	—			
141. Lund.	55 42 »	10 51 »	—	7 ,2	— 1 ,4	5 ,4
142. Freiberg	50 55 »	11 »	403	7 ,2	— 1 ,7	7 ,2
143. Fort Snelling.	44 53 »	95 28 O.	240	7 ,2	— 8 ,2	7 ,9
144. Burlington.	44 27 »	75 30 »	97	7 ,2	— 5 ,4	5 ,8
145. Alford.	57 13 »	5 2 »	126	7 ,3	2 ,0	6 ,4
146. Varsovie	52 13 »	18 42 E.	120	7 ,3	— 3 ,8	7 ,3
147. Saint-Gall.	47 26 »	7 2 »	555	7 ,3	— 0 ,2	7 ,3
148. Dover (Amér. du Nord). .	43 13 »	73 14 O.		7 ,3	— 4 ,3	6 ,0
149. Canandaigua.	42 50 »	79 35 »	. . . .	7 ,3	— 5 ,0	6 ,9
150. Dunfermline.	56 5 N.	5 46 O.	. . . .	7 ,4	2 ,6	6 ,1
151. Gotha.	50 57 »	8 23 E.	308	7 ,4	— 1 ,2	7 ,3
152. Issny	47 42 »	7 42 »	710	7 ,4	— 1 ,0	7 ,4
153. Thorshavn (îles Færöe). .	62 2 »	9 6 O.	—	7 ,5	4 ,3	5 ,4
154. Eger	50 5 »	10 2 E.	428	7 ,5	— 2 ,3	7 ,2
155. Lugan.	48 35 »	37 1 »	. . . .	7 ,5	— 6 ,9	6 ,3
156. Erivan	40 10 »	42 10 »	965	7 ,5	— 7 ,1	11 ,2
157. Copenhague	55 41 »	10 14 »	—	7 ,6	— 0 ,5	5 ,1
158. Dantzig.	54 21 »	16 18 »	. . . .	7 6	— 1 ,2	6 ,1
159. Zittau.	50 54 »	12 28 »	250	7 6	— 1 ,7	7 ,1

Bandes isothermes.

TEMPÉRATURE MOYENNE de l'été.	de l'automne.	du mois le plus froid.	du mois le plus chaud.	NOMBRE des ANNÉES D'OBSERVATIONS et REMARQUES.
13°,1	6°,5	— 0°,2 Janv.	14°,0 Juil.	10
18 ,9	6 ,1	— 9 ,9 »	20 ,3 »	8; nouv. style.
15 ,3	7 ,3	. . . . .	. . . . .	8
18 ,6	8 ,0	— 6 ,9 Janv.	20 ,1 Juil.	18
15 ,4	7 ,4	— 3 ,3 »	16 ,2 »	8
16 ,7	7 ,6	— 5 ,5 »	17 ,5 »	20
20 ,4	8 ,2	— 9 ,7 »	21 ,7 »	15
18 ,2	8 ,7	. . . . .	. . . . .	4
18 ,7	7 ,3	— 6 ,1 Févr.	19 ,8 Juil.	14—15
14 ,8	7 ,1	— 4 ,1 Janv.	15 ,7 »	7
18 ,0	8 ,1	— 4 ,8 Févr.	19 ,1 Juil.	12
17 ,7	7 ,1	— 2 ,8 Janv.	18 ,9? »	34
15 ,8	7 ,4	— 5 ,3 »	16 ,5 Août	7
16 ,2	7 ,5	— 3 ,9 »	16 ,8 Juil.	15
18 ,5	8 ,7	— 5 ,2 »	20 ,4 »	10—11
18 ,6	8 ,5	— 6 ,0 »	19 ,5 »	10
18 ,9	8 ,0	— 7 ,3 »	19 ,6 »	6
16 ,9	7 ,1	— 4 ,5 »	17 ,5 Août	21
19 ,1	7 ,9	— 6 ,6 Févr.	20 ,4 Juil.	13
20 ,3	7 ,8	— 7 ,0 Janv.	21 ,9 »	17
15 ,6	7 ,4	— 0 ,7 Janv.	16 ,9 Juil.	25
16 ,7	8 ,3	— 1 ,9 »	17 ,4 »	54
15 ,9	7 ,5	— 3 ,2 »	16 ,4 »	9
21 ,6	7 ,6	— 9 ,5 »	23 ,3 »	20
19 ,7	8 ,7	— 5 ,9 »	20 ,9 »	10
13 ,6	7 ,3	0 ,7 »	14 ,1 »	10
18 ,1	7 ,7	— 5 ,9 »	18 ,6 »	25
16 ,0	6 ,1	— 0 ,9 »	17 ,7 Août	16
19 ,4	8 ,3	— 4 ,7 Févr.	21 ,3 Juil.	10 1/2
19 ,6	7 ,8	— 5 ,3 »	21 ,2 »	11—12
12 ,9	7 ,8	2 ,1 Janv.	13 ,8 Juil.	20
15 ,9	7 ,6	— 3 ,5 »	16 ,9 »	14
16 ,2	7 ,3	— 2 ,0 »	16 ,9 »	15
12 ,2	8 ,2	3 ,3 »	13 ,4 »	2—5
16 ,8	7 ,8	— 4 ,0 »	17 ,4 »	10
22 ,5	7 ,7	— 8 ,2 »	24 ,3 »	11
23 ,7	14 ,0	—15 ,0 »	25 ,4 »	2
16 ,5	8 ,8	— 1 ,5 »	17 ,2 »	63
16 ,4	8 ,4	— 2 ,6 »	17 ,5 »	26
16 ,5	8 ,3	— 3 ,4 »	17 ,2 »	12

Suite du Tableau des

LIEUX.	LATITUDE géographique.	LONGITUDE orient. ou occident. à partir du méridien de Paris.	HAUTEUR au-dessus du niveau de la mer en mètr.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	du printemps.
160. Baireuth	49° 57′ N.	9° 16′ E.	341	7°,6	— 1°,3	7°,9
161. Giengen	48 37 »	7 55 »	468	7 ,6	— 2 ,3	7 ,5
162. Bogenhausen	48 9 »	9 16 »	526	7 ,6	1 ,7	7 ,7
163. Utica	43 6 »	77 33 O	52	7 ,6	— 4 ,2	6 ,8
164. Auburn	42 55 »	78 48 »	195	7 ,6	— 4 ,1	6 ,2
165. Makerstoun	55 36 »	4 51 »	—	7 ,8	2 ,8	6 ,8
166. Poln. Wartenberg	51 19 »	15 21 E.	146	7 ,8	— 2 ,0	7 ,9
167. Kielce	50 52 »	18 18 »	272	7 ,8	— 1 ,7	7 ,8
168. Cobourg	50 16 »	8 39 »	220	7 ,8	— 0 ,9	7 ,2
169. Landskron	49 55 »	14 17 »	331	7 ,6	— 2 ,3	8 ,3
170. Kremsmunster	48 3 N.	11 48 E.	360	7 ,6	— 2 ,0	8 ,0
171. Berne	46 57 »	5 6 »	581	7 ,8	— 0 ,9	7 ,7
172. Göteborg	57 41 »	9 36 »	—	7 ,9	— 6 ,3	6 ,5
173. Frederikshavn	57 26 »	8 12 »	—	7 ,9	0 ,0	6 ,1
174. Lubeck	53 52 »	8 21 »	—	7 ,9	— 0 ,7	7 ,2
175. Breslau	51 6 »	14 42 »	148	7 ,9	— 1 ,4	7 ,5
176. Cracovie	50 4 »	17 37 »	200	7 ,9	— 3 ,0	8 ,0
177. Augsbourg	48 22 »	8 34 »	498	7 ,9	— 1 ,7	8 ,3
178. Ancaster	43 15 »	82 30 O.	. . . .	7 ,9	— 2 ,6	6 ,8
179. Sandwick	59 5 »	5 37 »	—	8 ,0	4 ,4	6 ,8
180. Stromnetz (île Orkney)	58 57 N.	5 49 O.	. . . .	8 ,0	4 ,0	6 ,6
181. Præstoe	55 7 »	9 43 E.	—	8 ,0	— 0 ,3	6 ,5
182. Tabor	49 24 »	12 19 »	428	8 ,0	— 2 ,4	8 ,0
183. Katherinoslaw	48 28 »	32 45 »	—	8 ,0	— 6 ,9	8 ,1
184. Onondaga	42 59 »	78 26 O.	126?	8 ,0	— 3 ,4	7 ,3
185. Kinderhook	42 22 »	76 3 »	39	8 ,0	— 4 ,5	7 ,5
186. Édimbourg	55 57 »	5 32 »	88	8 ,1	3 ,5	7 ,4
187. Applegarth	55 13 »	5 32 »	54	8 ,1	2 ,6	7 ,2
188. Stargard	53 21 »	12 42 E.	—	8 ,1	— 2 ,4	6 ,9
189. Arnstadt	50 50 »	8 37 »	292	8 ,1	— 1 ,2	8 ,0
190. Gratiot	42 51 N.	85 18 O.	175	8 ,1	— 3 ,2	6 ,9
191. Middlebury	42 49 »	80 30 »	243	8 ,1	— 2 ,7	7 ,5
192. Clunie Manse	57 12 »	4 55 »	58	8 ,2	3 ,2	7 ,9
193. Kinfauns Castle	56 24 »	5 39 »	44	8 ,2	3 ,1	7 ,3
194. Stralsund	54 19 »	10 45 E.	—	8 ,2	— 0 ,2	7 ,0
195. Rostock	54 5 »	9 54 »	—	8 ,2	0 ,2	7 ,1
196. Ithaque	42 27 »	78 50 O.	126	8 ,2	— 2 ,8	7 ,0
197. Medfield	42 15 »	73 20 »	. . . .	8 ,2	— 3 ,0	6 ,8
198. Apenrade	55 3 »	7 5 E.	—	8 ,3	0 ,6	6 ,9
199. Kendal	54 17 »	5 6 O.	42	8 ,3	2 ,8	7 ,6

Bandes isothermes.

TEMPERATURE MOYENNE de l'été.	de l'automne.	du mois le plus froid.		du mois le plus chaud.		NOMBRE des ANNÉES D'OBSERVATIONS et REMARQUES.
15°,9	8°,0	— 2°,9	Janv.	16°,9	Juil.	19
17 ,2	8 ,0	— 3 ,6	»	17 ,5	»	14
16 ,6	7 ,8	— 3 ,6	»	17 ,3	»	15
19 ,1	8 ,6	— 4 ,9	Févr.	20 ,2	»	
19 ,1	9 ,1	— 4 ,2	Janv.	17 ,6	»	21
13 ,4	8 ,1	— 2 ,2	»	13 ,9	»	8 1/3
17 ,1	8 ,4	— 3 ,7	»	17 ,8	»	15
16 ,0	8 ,8	— 3 ,8	»	16 ,9	Août	6
17 ,1	8 ,2	— 1 ,7	»	17 ,6	Juil.	12
17 ,7	8 ,1	— 4 ,7	»	18 ,8	»	14
17 ,2	8 ,2	— 3 ,2	Janv.	18 ,0	Juil.	20
15 ,8	8 ,5	— 2 ,6	»	16 ,6	Août	20
16 ,9	8 ,7	— 1 ,1	»	17 ,8	Juil.	46
15 ,7	9 ,2	— 0 ,9	»	16 ,6	»	2
16 ,2	8 ,6	— 2 ,1	»	17 ,1	»	12
17 ,2	8 ,4	— 2 ,8	»	17 ,6	»	20
18 ,1	8 ,5	— 4 ,9	»	18 ,3	»	27
16 ,6	8 ,2	— 3 ,8	»	17 ,5	»	22
18 ,2	8 ,7	— 3 ,5	Févr.	20 ,1	»	7
12 ,2	8 ,6	3 ,8	»	12 ,2	Août	16
12 ,5	8 ,9	3 ,4	Janv.	13 ,0	Juil.	13—14
16 ,2	9 ,4	— 1 ,3	»	16 ,8	Août	10
18 ,4	8 ,3	— 4 ,1	»	19 ,1	Juil.	21
21 ,2	9 ,3	— 8 ,7	»	22 ,6	»	10
19 ,6	8 ,5	— 3 ,7	Févr.	20 ,2	»	14
20 ,0	8 ,9	— 4 ,8	»	21 ,2	»	16
13 ,9	7 ,9	2 ,8	Janv.	14 ,6	»	22
13 ,9	8 ,4	1 ,5	»	14 ,5	»	25
17 ,2	8 ,5	— 3 ,6	»	18 ,0	Août	6
17 ,0	8 ,9	— 3 ,1	»	18 ,0	Juil.	25
19 ,6	9 ,2	— 4 ,0	Févr.	21 ,1	Juil.	9
19 ,3	8 ,0	— 8 ,4	»	20 ,4	»	17
14 ,8	7 ,9	2 ,5	Janv.	15 ,2	»	16
14 ,0	8 ,5	2 ,2	»	14 ,6	»	27
16 ,8	9 ,2	— 2 ,0	»	17 ,3	»	20
16 ,6	8 ,7	— 1 ,1	»	17 ,1	»	20
19 ,5	8 ,5	— 3 ,6	Févr.	21 ,1	»	11—12
19 ,6	9 ,4	— 4 ,6	Janv.	20 ,5	»	12
16 ,2	9 ,0	— 0 ,4	»	16 ,9	»	11—12
14 ,4	8 ,5	1 ,5	»	15 ,0	»	20

Suite du Tableau des

LIEUX.	LATITUDE géographique.	LONGITUDE orient. ou occident. à partir du méridien de Paris.	HAUTEUR au-dessus du niveau de la mer en mètr.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	du printemps.
200. Alderley Rectory.	53° 20′ N.	4° 40′ O.	. . . .	8°,3	2°,7	7°,6
201. Fulda.	50 34 »	7 24 E.	272	8 ,3	— 2 ,6	8 ,1
202. Rotenhaus.	50 31 »	11 7 »	380	8 ,3	— 1 ,4	8 ,1
203. Saaz	50 20 »	11 13 »	257	8 ,3	— 1 ,6	8 ,2
204. Rochester	43 8 »	80 11 O.	155	8 ,3	— 2 ,9	7 ,1
205. Portsmouth (Amér. sept.).	43 4 »	73 6 »	—	8 ,3	— 2 ,8	7 ,5
206. Cambridge (Amér. sept.). .	42 22 »	73 28 »	68	8 ,7 8 ,3	— 2 ,9 — 3 ,2	7 ,3 6 ,3
207. Carlisle.	54 54 »	5 17 »	—	8 ,4	3 ,0	7 ,5
208. Arolsen.	51 23 »	6 37 E.	. . . .	8 ,4	0 ,6	8 ,0
209. Siegmaringen.	48 5 »	6 53 »	585	8 ,4	— 1 ,4	8 ,5
210. Mendon	42 5 N.	73 50 O.	. . . .	8 ,4	— 3 ,3	7 ,0
211. Muscatine.	41 26 »	93 22 »	174	8 ,4	— 4 ,3	8 ,7
212. Près de Swinemünde . . .	53 54 »	11 57 E.	—	8 ,5	— 0 ,7	7 ,4
213. Jever.	53 35 »	5 36 »	—	8 ,5	1 ,0	7 ,5
214. Dresde.	51 3 »	11 24 »	120	8 ,5	— 0 ,4	8 ,4
215. Providence.	41 49 »	73 46 O.	—	8 ,5	— 2 ,9	7 ,2
216. Cuxhaven	53 53 »	6 24 E.	—	8 ,6	0 ,3	7 ,5
217. Hambourg..	53 33 »	7 38 »	—	8 ,6	0 ,3	8 ,0
218. Regensbourg.	49 1 »	9 46 »	335	8 ,6	— 1 ,4	9 ,4
219. Tubingue.	48 31 »	6 43 »	331	8 ,6	— 0 ,2	8 ,6
220. Fort Crawford.	43 3 N.	93 13 O.	180	8 ,6	— 6 ,3	9 ,3
221. New-Malton.	54 8 »	3 7 »	—	8 ,7	2 ,4	8 ,1
222. Manchester.	53 29 »	4 35 »	46	8 ,7	2 ,8	7 ,9
223. Astrakan.	46 21 »	45 45 E.	—	8 ,7	— 3 ,6	8 ,8
224. Andover	42 38 »	73 27 O.	58	8 ,7	— 2 ,9	7 ,2
225. Gutersloh	51 45 »	6 2 E.	. . . .	8 ,8	1 ,0	8 ,1
226. Sagan.	51 39 »	12 59 »	122	8 ,8	— 2 ,6	7 ,0
227. Andechs	47 58 »	8 52 »	700	8 ,8	— 1 ,2	8 ,8
228. Boston.	42 21 »	73 24 O.	. . . .	8 ,8	— 2 ,2	7 ,1
229. North-Salem.	41 20 »	76 57 »	48	8 ,8	— 3 ,0	8 ,1
230. Ackworth.	53 39 N.	3 40 O.	—	8 ,9	3 ,3	8 ,0
231. Iena	50 56 »	9 17 E.	163	8 ,9	0 ,2	8 ,7
232. Munich.	48 9 »	9 14 »	526	8 ,9?	— 0 ,4	9 ,0
233. Lansinburgh.	42 47 »	75 59 O.	12	8 ,9	— 3 ,8	8 ,2
234. Salem.	42 31 »	73 14 »	—	8 ,9	— 2 ,6	7 ,4
235. Montgomery.	41 32 »	76 20 »	. . . .	8 ,9	— 3 ,3	8 ,4
236. York.	53 51 »	1 15 »		9 ,0	2 ,2	8 ,7
237. Brême.	53 5 »	6 28 E.	—	9 ,0	0 ,6	8 ,4
238. Berlin	52 31 »	11 3 »	39	9 ,0	— 0 ,5	8 ,6
239. Kothen.	51 50 »	9 15 »		9 ,0	0 ,1	8 ,4

Bandes isothermes.

TEMPÉRATURE MOYENNE de l'été.	de l'automne.	du mois le plus froid.	du mois le plus chaud.	NOMBRE des ANNÉES D'OBSERVATIONS et REMARQUES.
14°,0	8°,9	2°,1 Janv.	14°,4 Juil.	10
18 ,7	8 ,9	— 3 ,5 »	19 ,6 Août	11
18 ,0	8 ,6	— 2 ,9 »	18 ,5 Juil.	16
18 ,2	8 ,5	— 3 ,2 »	19 ,2 »	9
19 ,7	9 ,3	— 3 ,9 Févr.	21 ,1 »	17
18 ,6	9 ,8	— 5 ,0 Janv.	19 ,6 Août	6
20 ,4	10 ,0	— 4 ,2 »	21 ,4 Juil.	33
20 ,3	10 ,0	— 3 ,9 Févr.	21 ,7 »	10
14 ,2	8 ,7	2 ,3 Janv.	14 ,9 »	24
16 ,1	9 ,1	— 1 ,2 »	17 ,0 »	17
17 ,8	8 ,4	— 4 ,5 »	18 ,1 »	14
20 ,2	9 ,7	— 4 ,4 Févr.	21 ,9 Juil.	17
20 ,3	8 ,9	— 4 ,9 Janv.	21 ,4 »	10
17 ,4	9 ,5	— 2 ,6 »	18 ,4 »	9
15 ,9	9 ,6	— 0 ,1 »	17 ,5 »	9—10
17 ,2	8 ,4	— 2 ,0 »	18 ,0 »	10
20 ,0	9 ,9	— 3 ,2 Févr.	21 ,2 »	
17 ,2	9 ,2	— 0 ,4 Janv.	17 ,5 »	18
17 ,0	8 ,8	— 1 ,3 »	17 ,5 »	18
18 ,0	8 ,6	— 2 ,9 »	18 ,9 »	68
17 ,1	8 ,9	— 2 ,2 »	17 ,8 »	13
22 ,3	8 ,9	— 7 ,1 Janv.	24 ,0 Juil.	14
15 ,1	9 ,1	— 1 ,8 »	16 ,2 »	8—9
14 ,8	9 ,2	2 ,1 »	15 ,2 »	25
21 ,2	8 ,6	. . . . .	. . . . .	1—2
20 ,6	9 ,6	— 4 ,2 Janv.	21 ,3 Juil.	11
16 ,7	9 ,4	— 0 ,6 »	17 ,4 »	18
18 ,2	8 ,2	— 3 ,7 »	18 ,9 »	7
18 ,6	9 ,1	— 1 ,6 »	19 ,3 »	8
20 ,1	10 ,2	— 3 ,1 »	21 ,8 »	20
20 ,5	9 ,8	— 3 ,8 Févr.	21 ,8 »	17
15 ,2	9 ,3	2 ,1 Janv.	15 ,9 Juil.	18
17 ,1	9 ,6	— 1 ,2 »	18 ,1 »	29
17 ,4	9 ,1	— 1 ,5 »	18 ,0 »	32 ; résult. douteux. *Voy.* Bogenhausen, n° 162.
21 ,2	10 ,1	— 4 ,7 »	22 ,2 »	18
20 ,8	10 ,5	— 3 ,8 »	22 ,1 »	43—47
20 ,7	9 ,7	— 4 ,4 »	22 ,3 »	12
16 ,0	9 ,0	1 ,6 »	16 ,7 »	25
17 ,4	9 ,4	— 0 ,8 »	18 ,1 »	12
18 ,3	9 ,4	— 2 ,4 »	18 ,7 »	24
17 ,7	9 ,6	— 1 ,8 »	18 ,5 »	21

Suite du Tableau des

LIEUX.	LATITUDE géographique.	LONGITUDE orient. ou occident. à partir du méridien de Paris.	HAUTEUR au-dessus du niveau de la mer en mètr.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	du printemps.
240. Halle	51°31′ N.	9°37′ E.	111	9°,0	0°,1	8°,8
241. Erfurt	50 59 »	8 42 »	208	9 ,0	0 ,6	8 ,5
242. Zurich	47 23 »	6 12 »	407	9 ,0	— 0 ,7	8 ,7
243. Innsbruck	47 16 »	9 4 »	526	9 ,0	— 1 ,9	10 ,0
				9 ,3	0 ,6	9 ,1
244. Genève	46 12 »	3 49 »	395	9 ,0	0 ,5	8 ,6
245. Lewiston	43 9 »	81 30 O.	88	9 ,0	— 1 ,2	6 ,6
246. Hudson	41 15 »	83 47 »	292?	9 ,0	— 1 ,5	10 ,1
247. Gœttingue	51 32 »	1 36 E.	182	9 ,1	0 ,6	. . . .
248. Londres	51 31 »	2 26 O.		9 ,1	3 ,1	8 ,0
249. Odessa	46 29 »	28 24 E.	—	9 ,1	— 2 ,5	7 ,6
250. Fredonia	42 26 N.	81 44 O.	195?	9 ,1	— 1 ,7	7 ,8
251. Wangen (Souabe)	48 46 »	6 55 E.	276	9 ,2	— 0 ,1	8 ,9
252. Albany	42 39 »	76 5 O.	89	9 ,2	— 3 ,3	8 ,6
253. East-Hampton	41 0 »	72 39 »	—	9 ,2	— 1 ,0	6 ,7
254. Salzuffeln	52 5 »	6 25 E.	97	9 ,3	1 ,5	8 ,9
255. Arnhem	51 59 »	3 25 »	—	9 ,3	1 ,6	9 ,0
256. Elberfeld	51 16 »	4 49 »	180	9 ,3	2 ,2	8 ,8
257. Nikolaiew	46 58 »	29 39 »	—	9 ,3	— 3 ,4	9 ,6
258. Klausenbourg	46 44 »	21 11 »	390	9 ,3	1 ,4	8 ,5
259. Cherson	46 38 »	30 17 »	—	9 ,3	— 3 ,3	9 ,2
260. Détroit	42 24 N.	85 18 O.	171	9,3	— 3 ,4	9 ,4
261. Kingston	41 55 »	76 22 »	56	9 ,3	— 2 ,8	9 ,0
262. Aix-la-Chapelle	50 46 »	3 45 E.	175	9 ,4	1 ,6	8 ,8
263. Metz	48 57 »	2 1 »	181	9 ,4	0 ,4	9 ,2
264. Fort Wolcott	41 29 »	73 40 O.	—	9 ,4	— 0 ,3	6 ,1
265. Whitehaven	54 33 »	1 13 E.	27	9 ,5	4 ,4	8 ,4
266. Bâle	47 34 »	5 15 »	245	9 ,5	0 ,4	9 ,5
				9 ,5	4 ,6	8 ,4
267. Dublin	53 23 »	8 41 O.	—	10 ,0	. . . .	. . . .
268. Amsterdam	52 22 »	2 35 E.	—	9 ,5	2 ,0	9 ,0
269. Leyde	52 10 »	2 9 »	—	9 ,5	2 ,3	8 ,2
270. Munster	51 58 N.	5 18 E.	62	9 ,5	2 ,2	8 ,7
271. Schiedam	51 55 »	2 4 »	—	9 ,5	2 ,8	8 ,7
272. Lausanne	46 31 »	4 18 »	506	9 ,5	0 ,5	9 ,2
273. Bucharest	44 27 »	23 48 »	. . . .	9 ,5	— 2 ,0	8 ,5
274. Haarlem	52 23 »	2 18 »	—	9 ,6	2 ,6	8 ,8
275. Bushey-Heath	51 38 »	2 41 O.	170	9 ,6	3 ,1	8 ,7
276. Près de Londres	51 36 »	2 24 »	. . . .	9 ,6	3 ,1	9 ,0
277. Louvain	50 53 »	2 22 E.	. . . .	9 ,6	1 ,6	8 ,1
278. Francfort-sur-le-Mein	50 7 »	6 21 »	117	9 ,6	0 ,4	9 ,7
279. Prague	50 5 »	12 5 »	187	9 ,6	— 0 ,5	9 ,4

Bandes isothermes.

TEMPÉRATURE MOYENNE de l'été.	de l'automne.	du mois le plus froid.	du mois le plus chaud.	NOMBRE des ANNÉES D'OBSERVATIONS et REMARQUES.
17°,4	9°,5	— 2°,2 Janv.	18°,6 Juil.	10—16
17 ,3	9 ,5	— 0 ,7 »	17 ,7 »	13
18 ,3	9 ,8	— 1 ,7 »	18 ,7 »	13
18 ,3	9 ,6	— 3 ,8 »	18 ,4 »	51
18 ,0	9 ,8	— 0 ,9 »	18 ,7 »	19
17 ,2	9 ,5	— 0 ,6 »	17 ,9 »	10
20 ,4	10 ,2	— 3 ,1 Févr.	21 ,9 »	16
18 ,6	8 ,9	. . . . .	. . . . .	3—6
17 ,6	. . . .	. . . . .	. . . . .	Un grand nombre d'années.
15 ,5	9 ,6	2 ,1 Janv.	16 ,3 Juil.	78
21 ,1	10 ,4	— 3 ,7 »	22 ,9 »	8
20 ,2	10 ,3	— 2 ,7 Févr.	21 ,6 Juil.	17
18 ,2	9 ,6	— 0 ,7 Janv.	22 ,9 »	19
21 ,2	10 ,1	— 4 ,4 Févr.	22 ,3 »	28
19 ,3	11 ,8	— 1 ,6 »	20 ,7 »	16
17 ,3	9 ,6	— 0 ,6 Janv.	18 ,1 »	16
16 ,8	9 ,6	0 ,6 »	17 ,6 »	29
16 ,3	9 ,7	0 ,9 »	17 ,2 »	12
21 ,8	10 ,0	— 5 ,3 »	22 ,6 »	14—16; nouv. style.
18 ,5	8 ,9	. . . . .	. . . . .	1
21 ,6	10 ,1	— 6 ,0 Janv.	22 ,6 Juil.	11—14; nouv. style.
21 ,3	11 ,6	— 5 ,8 Janv.	21 ,8 Juil.	5—6
21 ,1	10 ,0	— 3 ,4 »	22 ,8 »	14
16 ,9	10 ,5	0 ,4 »	17 ,1 »	12
18 ,2	9 ,4	— 0 ,9 »	19 ,1 »	22
20 ,1	11 ,9	— 1 ,4 »	21 ,3 »	14
15 ,3	9 ,9	3 ,6 »	15 ,5 »	12
18 ,2	9 ,9	— 1 ,1 »	18 ,9 »	20
15 ,3	9 ,8	4 ,3 »	16 ,0 »	13; observ. plus anciennes.
. . . .	. . . .	. . . . .	. . . . .	6; observ. plus récentes.
18 ,0	10 ,7	0 ,7 Janv.	18 ,5 Juil	12; résultat un peu douteux.
17 ,1	10 ,3	1 ,1 »	17 ,7 »	19; *id.*
16 ,8	10 ,1	0 ,7 Janv.	17 ,4 Juil.	10—11
16 ,4	10 ,8	1 ,5 »	16 ,9 »	25; résultat un peu douteux.
18 ,4	9 ,9	— 1 ,0 »	18 ,7 Août	10; résultat trop élevé.
19 ,5?	12 ,0	— 5 ,0 »	21 ,1? Juil	2
16 ,6	10 ,6	1 ,3 »	17 ,4 Août	53
16 ,6	10 ,2	2 ,4 »	17 ,2 Juil.	8—9; Beaufoy.
16 ,4	10 ,0	1 ,7 »	17 ,3 »	24; Howard.
16 ,9	9 ,6	— 0 ,1 »	17 ,7 Août	6
18 ,4	9 ,8	— 1 ,0 »	18 ,9 Juil.	14
19 ,4	10 ,0	— 1 ,9 »	20 ,0 »	76

Suite du Tableau des

LIEUX.	LATITUDE géographique.	LONGITUDE orient. ou occident. à partir du méridien de Paris.	HAUTEUR au-dessus du niveau de la mer en mètr.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	du printemps.
280. Simpheropol.	44°57′ N.	31°46′ E.	253	9°,6	0°,3	10°,5
					0 ,8	8 ,1
281. New-Bedford.	41 38 »	73 16 O.	. . . .	9 ,6	— 0 ,8	7 ,7
282. Ile de Man.	54 12 »	6 50 »	. . . .	9 ,7	5 ,4	8 ,3
283. Zwanenbourg.	52 15 »	2 0 E.	—	9 ,7	2 ,4	8 ,6
284. Cheltenham	51 55 »	4 24 O.	. . . .	9 ,7	3 ,8	9 ,2
285. Heidelberg.	49 24 »	6 22 E.	100	9 ,7	1 ,1	10 ,0
286. Stuttgard.	48 46 »	6 51 »	247	9 ,7	0 ,7	9 ,7
287. Bude.	47 29 »	16 43 »	261	9 ,7	— 2 ,4	9 ,0
288. Saint Jean de Maurienne.	45 18 »	4 4 »	545	9 ,7	0 ,2	10 ,0
289. Poughkeepsie.	41 41 »	76 15 O.	. . . .	9 ,7	— 2 ,6	9 ,2
290. Franeker.	53 20 N.	3 12 E.	—	9 ,8	2 ,5	9 ,7
291. Strasbourg.	48 35 »	5 25 »	146	9 ,8	1 ,2	10 ,0
292. Newburgh.	41 31 »	94 21 O.	39	9 ,8	— 2 ,1	8 ,7
293. Chiswick (près de Londres).	51 29 »	2 37 »	—	9 ,9	3 ,7	8 ,9
294. Council Bluffs.	41 25 »	98 3 »	243	9 ,9	— 4 ,8	11 ,0
295. Trèves	49 46 »	4 18 E.	156	10 ,0	1 ,9	10 ,0
296. Fort Armstrong.	41 28 »	92 53 O.	. . . .	10 ,0	— 3 ,9	10 ,2
297. Maestricht.	50 51 »	3 21 E.	48	10 ,1	1 ,9	10 ,0
298. Wurzbourg.	49 48 »	7 36 »	171	10 ,1	1 ,6	10 ,2
299. Carlsruhe	49 1 »	6 5 »	117	10 ,1	1 ,2	10 ,2
300. Fort George (Amér. sept.)	46 18 N.	125 20 O.	. . . .	10 ,1	3 ,8	9 ,0
301. Bruxelles.	50 51 »	2 2 E.	58	10 ,2	3 ,0	9 ,4
302. Vienne.	48 13 »	14 3 »	155	10 ,2	0 ,1	10 ,3
303. Flatbush.	40 37 »	76 18 O.	—	10 ,2	— 0 ,3	8 ,9
304. Manheim.	49 29 »	6 8 E.	91	10 ,3	1 ,5	10 ,4
305. Lyme Regis	50 43 »	5 16 O.	—	10 ,4	5 ,5	9 ,2
306. Philadelphie.	39 57 »	77 30 »	—	10 ,7	— 0 ,5	10 ,1
307. Paris.	48 50 »	0 0	6	10 ,8	3 ,3	10 ,4
308. Montmorency	49 0 »	0 2 O.	4	10 ,9	2 ,8	10 ,6
309. Gosport	50 48 »	3 26 »	—	11 ,0	5 ,0	10 ,1
310. Helston.	50 9 N.	7 13 O.	—	11 ,0	6 ,9	9 ,3
311. Fort Columbus (N.-York).	40 42 »	76 22 »	—	11 ,0	— 0 ,3	9 ,6
312. Plymouth.	50 22 »	6 28 »	—	11 ,1	6 ,9	10 ,1
313. Penzance.	50 7 »	7 53 »	—	11 ,1	6 ,6	9 ,9
314. Mâcon	46 18 »	2 30 E.	183	11 ,1	2 ,3	10 ,8
315. Châlons-sur-Marne	48 57 »	2 1 »	148	11 ,2	2 ,8	10 ,6
316. Cherbourg.	49 39 »	3 58 O.	—	11 ,3	6 ,1	10 ,4
317. Germantown.	40 3 »	77 37 »	62	11 ,3	0 ,0	10 ,3
318. Marietta	39 25 »	83 50 »	195	11 ,3	0 ,9	11 ,4
319. Fort Leavenworth. . . .	39 20 »	97 12 »	273	11 ,4	— 1 ,6	12 ,4

Bandes isothermes.

TEMPERATURE MOYENNE de l'été.	de l'automne.	du mois le plus froid.	du mois le plus chaud.	NOMBRE des ANNÉES D'OBSERVATIONS et REMARQUES.
19°,5	8°,1	— 0°,4 Janv.	20°,3 Juil.	14; ancien style ramené au nouveau.
19 ,0	10 ,7	0 ,1 »	19 ,8 »	
20 ,1	11 ,5	— 1 ,9 »	21 ,0 »	5
14 ,6	10 ,6	4 ,9 »	15 ,3 »	9
16 ,9	10 ,7	1 ,2 »	17 ,7 Août	55
15 ,8	10 ,1	2 ,7 »	16 ,8 Juil.	13
17 ,9	9 ,9	— 0 ,7 »	18 ,7 »	19—20
18 ,2	10 ,0	— 1 ,1 »	19 ,0 »	50
19 ,4	9 ,6	— 3 ,4 »	20 ,1 »	12
18 ,7	9 ,8	— 0 ,8 »	19 ,9 »	12
21 ,8	10 ,5	— 3 ,7 »	23 ,1 »	12—13
18 ,8?	11 ,6	0 ,8 Janv.	19 ,5? Juil.	13; résult. douteux.
18 ,1	10 ,0	— 0 ,5 »	18 ,9 »	35
21 ,3	11 ,1	— 2 ,8 Févr.	22 ,4 »	19
16 ,7	10 ,4	2 ,7 Janv.	17 ,3 »	27
23 ,7	10 ,9	6 ,6 »	24 ,5 »	6
17 ,8	10 ,1	0 ,0 »	18 ,7 »	11
23 ,2	10 ,5	— 5 ,2 »	23 ,3 »	8
18 ,0	11 ,1	0 ,0 »	18 ,9 »	16
18 ,7	9 ,7	— 0 ,9 »	19 ,6 »	27—29
18 ,7	10 ,2	— 0 ,4 »	19 ,4 »	50
15 ,5	12 ,0	2 ,0 Janv.	16 ,3 Août	2
17 ,6	10 ,7	1 ,6 »	18 ,0 Juil.	18
20 ,2	10 ,3	— 1 ,7 »	21 ,0 »	76
21 ,2	11 ,2	— 1 ,0 »	22 ,4 »	18. Près de New-York.
19 ,5	9 ,8	0 ,9 »	20 ,2 »	12
15 ,2	11 ,6	4 ,5 »	15 ,8 Août	13
21 ,9	11 ,2	— 1 ,0 »	23 ,3 Juil.	11
18 ,1	11 ,2	1 ,9 »	18 ,7 »	38; Observatoire.
18 ,7	11 ,4	0 ,9 »	19 ,7 »	33; Cotte.
17 ,1	11 ,9	3 ,9 »	17 ,8 »	16
16 ,0	11 ,8	6 ,0 Janv.	16 ,6 Juil.	12
22 ,3	12 ,3	— 1 ,3 »	23 ,9 »	19
16 ,0	11 ,7	5 ,9 »	16 ,6 »	11
16 ,5	12 ,1	5 ,7 »	17 ,2 »	21
20 ,2	11 ,3	. . . . .	. . . . .	
19 ,3	12 ,1	0 ,6 Janv.	20 ,1 Juil.	43
16 ,7	12 ,0	. . . . .	. . . . .	5
22 ,8	12 ,1	— 1 ,1 Janv.	23 ,8 Juil.	9—10
21 ,6	11 ,4	0 ,2 »	22 ,4 »	25
23 ,3	11 ,4	— 2 ,5 »	24 ,9 »	11

Suite du Tableau des

LIEUX.	LATITUDE géographique.	LONGITUDE orient. ou occident. à partir du méridien de Paris.	HAUTEUR au-dessus du niveau de la mer en mètr.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	du printemps.
320. Fort Vancouver	45° 38′ N.	124° 54′ O.	....	11°,5	4°,2	11°,0
321. La Rochelle	46 9 »	3 28 »	—	11 ,5	1 ,7	10 ,2
				11 ,6	4 ,2	10 ,6
322. Fort Ross	38 34 »	126 19 »	....	11 ,6?	8 ,9	11 ,2
					9 ,1	10 ,6
323. Turin	45 4 »	5 22 E.	278	11 ,7	0 ,8	11 ,7
					2 ,0	12 ,6
324. Sevastopol	44 36 »	31 12 »	48	11 ,7	2 ,3	10 ,0
325. Hobarton	42 45 S.	145 15 »	—	11 ,9	7 ,2	11 ,9
326. Augusta	40 11 N.	93 18 O.	156	11 ,9	— 0 ,1	12 ,3
327. Cincinnati	39 6 »	86 47 »	162	11 ,9	0 ,9	12 ,2
328. Darjiling	27 0 »	86 4 E.	2124	12 ,0	5 ,4	12 ,5
329. Middletown	40 24 »	76 33 O.	—	12 ,1	2 ,2	11 ,3
330. Baltimore	39 17 N.	78 58 O.	—	12 ,1	0 ,8	11 ,5
331. Padoue	45 24 »	9 32 E.	—	12 ,5	2 ,8	12 ,1
332. Pékin	39 54 »	114 9 »	97 ?	12 ,6	— 1 ,6	14 ,0
333. Dodabetta	11 23 »	74 27 »	2436	12 ,6	10 ,4	13 ,1
334. Udine	46 4 »	10 54 »	109	12 ,7	3 ,4	12 ,4
335. Milan	45 28 »	6 51 »	233	12 ,7	2 ,2	12 ,7
336. Pavie	45 11 »	6 49 »	87	12 ,7	2 ,2	12 ,6
337. Tiflis	41 41 »	42 53 »	428	12 ,7	2 ,0	12 ,5
338. Ankober	9 34 »	37 34 »	2480	13 ,0	11 ,5	14 ,1
339. Bordeaux	44 50 »	2 55 O.	—	13 ,1	6 ,1	12 ,4
340. Orange	44 7 N.	2 28 E.	46	13 ,1	4 ,9	12 ,1
341. Toulouse	43 36 »	0 54 O.	152	13 ,1	5 ,3	11 ,9
342. Saint-Louis (Miss.)	38 37 »	92 35 »	136	13 ,1	1 ,1	13 ,6
343. Trieste	45 39 »	11 26 E.	87	13 ,2	4 ,1	12 ,1
344. Port Wellington	41 18 S.	172 35 O.	....	13 ,4	9 ,8	12 ,9
345. Washington	38 53 N.	79 22 »	—	13 ,4	2 ,3	13 ,2
346. Montpellier	43 36 »	1 32 E.	175	13 ,6	5 ,8	12 ,6
				15 ,3	6 ,9	13 ,8
347. San Francisco	37 48 »	124 45 O.	—	13 ,6	10 ,2	13 ,2
348. Brescia	45 33 »	7 54 E.	150	13 ,7	4 ,0	13 ,7
349. Venise	45 26 »	10 0 »		13 ,7	3 ,3	12 ,6
350. Constantinople	41 0 N.	26 39 E.	....	13 ,7	5 ,7	11 ,4
351. Jefferson Barracks	38 21 »	92 32 O.	....	13 ,7	1 ,7	14 ,5
352. New-Harmony	38 11 »	90 14 »	103	13 ,7	3 ,0	14 ,6
353. Richmond	37 32 »	79 47 »	....	13 ,8	2 ,9	13 ,2
354. Mafra	38 56 »	11 41 »	228	13 ,9	9 ,6	12 ,7
355. Outacamund (Nilgherry)	11 25 »	74 30 E.	2242	13 ,9	11 ,4	16 ,3
356. Missouri	30 27 »	75 42 »	1910	14 ,0	5 ,5	15 ,9
357. Bochara	39 44 »	62 35 »	370	....	— 1 ,5	....
358. Marseille	43 18 »	3 2 »	46	14 ,1	7 ,4	12 ,8
359. Redout-Kaleh	42 16 »	39 18 »	6	14 ,1	5 ,8	12 ,4

Bandes isothermes.

TEMPÉRATURE MOYENNE de l'été.	de l'automne.	du mois le plus froid.	du mois le plus chaud.	NOMBRE des ANNÉES D'OBSERVATIONS et REMARQUES.
18°,0	12°,9	1°,7 Janv.	19°,1 Août	3—4
21 ,7	12 ,6	0 ,6 »	22 ,4 Juil.	14—15; nouv. style.
19 ,4	11 ,5	2 ,9 Déc.	20 ,2 »	9
14 ,3	11 ,9	8 ,4 Janv.	14 ,7 Août	4; anc. style ramené au nouv.; résult. dout.
14 ,1	12 ,5	8 ,7 Févr.	14 ,6 »	4; anc. style ramené au nouv.; résult. dout.
22 ,0	12 ,1	— 0 ,6 Janv.	22 ,9 »	30
22 ,1	10 ,0	1 ,0 »	22 ,5 Juil.	10; ancien style ramené au nouveau.
21 ,7	13 ,0	1 ,4 »	22 ,5 »	
6 ,4	12 ,1	6 ,5 Juil.	16 ,7 Jan.	7 3/4
22 ,8	12 ,5	— 1 ,1 Janv.	23 ,9 Juil.	3
22 ,9	11 ,7	0 ,8 Févr.	23 ,2 »	14
6 ,3	13 ,3	4 ,4 Janv.	16 ,5 Août	1 ? Herbert.
1 ,1	13 ,6	. . . . .	. . . . .	3; résultat trop élevé.
13 ,3	12 ,9	— 0 ,1 Janv.	24 ,7 Juil.	12
21 ,9	13 ,0	1 ,8 »	22 ,9 »	34
25 ,2	12 ,9	— 3 ,4 Janv.	26 ,0 »	6
6 ,0	10 ,8	9 ,7 Déc.	13 ,4 Avr.	1
21 ,9	13 ,2	2 ,3 Janv.	22 ,7 Juil.	40
22 ,6	12 ,6	0 ,6 »	23 ,6 »	76
22 ,8	13 ,2	0 ,7 »	23 ,6 »	12
23 ,0	12 ,5	— 0 ,2 »	24 ,3 »	4
14 ,8	11 ,7	11 ,0 Déc.	16 ,7 Juin	
20 ,6	13 ,3	8 ,8 »	21 ,4 Juil.	6
21 ,7	13 ,7	8 ,7 Janv.	22 ,7 Juil.	35
21 ,2	14 ,0	4 ,8 »	22 ,4 »	11
24 ,6	12 ,4	0 ,7 »	25 ,6 »	16
21 ,9	13 ,7	3 ,5 »	22 ,6 »	15
6 ,6	14 ,2	9 ,0 »	17 ,2 »	1
24 ,6	15 ,4	1 ,2 »	25 ,7 »	12
22 ,0	14 ,3	P	. . . . .	11
24 ,4	16 ,1	5 ,6 Janv.	25 ,7 Juil.	11
15 ,3	15 ,5	10 ,0 Déc.	16 ,8 Sep.	1
22 ,7	14 ,5	2 ,4 Janv.	23 ,9 Juil.	22
22 ,8	13 ,3	1 ,8 »	23 ,9 »	7
22 ,1	15 ,6	5 ,6 Janv.	23 ,6 Juil.	3—4
25 ,1	13 ,5	0 ,5 »	25 ,8 »	10
24 ,4	12 ,5	1 ,0 »	25 ,5 »	2—3
24 ,1	13 ,5	0 ,9 »	25 ,3 »	4
18 ,2	15 ,1	9 ,2 Févr.	19 ,7 »	4; résultat peut-être trop bas.
14 ,1	13 ,8	11 ,1 Déc.	16 ,9 Avr.	2—4
19 ,8	14 ,8	4 ,8 Janv.	21 ,0 Juin	2—3; Everest et Royle.
. . . .	. . . .	— 4 ,5 »	. . . . .	1
21 ,1	15 ,0	6 ,5 »	21 ,9 Juil.	26
22 ,5	16 ,0	4 ,7 »	23 ,7 Août	2

Suite du Tableau des

LIEUX.	LATITUDE géographique.	LONGITUDE orient. ou occident. à partir du méridien de Paris.	HAUTEUR au-dessus du niveau de la mer en mètr.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	du printemps.
360. Bologne	44° 30′ N.	9° 1′ E.	82	14°,2	2°,8	14°,5
361. Camajore	43 55 »	8 0 »	....	14 ,2	6 ,7	13 ,6
362. Avignon	43 57 »	2 28 »	—	14 ,3	5 ,9	13 ,9
363. Madrid	40 25 »	6 1 O.	630	14 ,3	6 ,9	13 ,2
364. Lenkoran (Russie d'Asie)	38 44 »	46 25 E.	6	14 ,3	3 ,5	13 ,0
365. Toulon	43 7 »	3 36 »	—	14 ,4	6 ,1	12 ,1
366. Kutais (Géorgie)	42 13 »	40 20 »	144	14 ,5	5 ,1	13 ,5
367. Cascina	43 40 »	8 10 »	....	14 ,6	6 ,8	13 ,7
368. Baku	40 22 »	47 24 »	12	14 ,6	3 ,9	12 ,1
369. Lucca	43 51 »	8 10 »	....	14 ,9	4 ,6	16 ,1
370. Nashville	36 10 N.	89 9 O.	....	15 ,0	4 ,5	15 ,8
371. Santa Fé de Bogota	4 36 »	76 34 »	2660	15 ,0	15 ,1	15 ,3
372. Alais	44 7 »	1 44 E.	126	15 ,1	6 ,1	14 ,3
373. Trébizonde	41 1 »	37 25 »	30	15 ,1	8 ,7	11 ,4
374. Brousse	40 5 »	26 50 »	253	15 ,1	5 ,6	14 ,0
375. Auckland (Nouv.-Zélande)	36 51 S.	172 25 »	....	15 ,1	11 ,1	14 ,1
376. Fort Mourve	38 2 N.	78 32 O.	—	15 ,2	5 ,3	13 ,9
377. Lohughat	29 23 »	79 56 E.	1695	15 ,2	7 ,5	15 ,4
378. Florence	43 47 »	8 55 »	64	15 ,3	6 ,8	14 ,7
379. Rome	41 54 »	10 8 »	52	15 ,4	8 ,1	14 ,1
380. Chapel-Hill	35 54 N.	81 19 O.	....	15 ,4	6 ,4	15 ,1
381. Perpignan	42 42 »	0 34 E.	52	15 ,5	7 ,2	14 ,4
382. Gênes	44 24 »	6 34 »	54	15 ,6	8 ,4	13 ,9
383. Nice	43 42 »	4 57 »	—	15 ,6	9 ,3	13 ,3
384. Quito	0 14 S.	81 5 O.	2914	15 ,6	15 ,4	15 ,7
385. Saint-Hippolyte de Caton	43 57 N.	1 3 E.	....	15 ,7	7 ,5	14 ,6
386. Près de Naples	40 52 »	11 55 »	150	15 ,7 16 ,0	8 ,7 8 ,8	14 ,3 14 ,7
387. Shangae	31 5 »	118 30 »	—	15 ,9	5 ,1	13 ,8
388. Capstadt	33 55 S.	16 8 »	—	16 ,0	12 ,4	15 ,4
389. Fort Gibson	35 47 N.	97 30 O.	117	16 ,2	5 ,1	16 ,9
390. Cagliari	39 13 N	6 46 E.	101	16 ,3	10 ,2	14 ,0
391. Naples	40 51 »	11 55 »	54	16 ,4 16 ,7	9 ,8 9 ,9	15 ,2 15 ,6
392. Lisbonne	38 42 »	11 29 O.	72	16 ,4	11 ,3	15 ,5
393. Fort Towson	33 53 »	96 33 »	....	16 ,4	6 ,3	17 ,2
394. Sainte-Hélène	15 55 S.	8 3 »	538	16 ,4	14 ,7	14 ,7
395. Camden	34 17 N.	82 53 »	....	16 ,6	5 ,0	14 ,6
396. Mexico	19 26 »	01 26 »	2270	16 ,6	13 ,0	18 ,1
397. Little Rock	34 40 »	194 32 »	....	16 ,9	7 ,4	18 ,0
398. Buenos-Ayres	34 37 S.	60 44 »	—	16 ,9	11 ,4	15 ,2
399. Barcelone	41 22 N.	0 9 »	....	17 ,0	10 ,0	15 ,5

Bandes isothermes.

TEMPÉRATURE MOYENNE				NOMBRE des ANNÉES D'OBSERVATIONS et REMARQUES.
de l'été.	de l'automne.	du mois le plus froid.	du mois le plus chaud.	
25°,2	14°,3	1°,2 Janv.	26°,4 Juil.	8—10
21 ,9	14 ,8	6 ,0 »	23 ,1 »	40
23 ,1	14 ,6	4 ,8 »	23 ,8 Août	27
23 5	16 ,9	7 ,0 »	24 ,9 »	25
24 ,7	15 ,9	1 ,6 »	26 ,4 Juil.	2
23 ,4	15 ,0	4 ,6 »	25 ,9 Août	32
23 ,1	16 ,1	3 ,8 »	24 ,4 Juil.	2
22 ,5	15 ,1	5 ,4 »	23 ,5 »	8
25 ,4	17 ,4	4 ,0 »	26 ,6 Août	2
23 ,6	15 ,3	6 ,0 »	24 ,6 Juil.	36
25 ,2	14 ,6	. . . . .	. . . . .	2
15 ,3	14 ,5	14 ,0 Déc.	16 ,1 Fév.	1—2
24 ,4	15 ,5	5 ,0 Janv.	25 ,5 Août	35
22 ,5	18 ,0	7 ,9 »	24 ,0 »	1 1/3
23 ,3	17 ,3	4 ,1 »	26 ,1 Juil.	1 1/2
19 ,5	15 ,6	9 ,7 »	20 ,7 »	1
24 ,9	16 ,6	4 ,5 »	25 ,9 »	17
21 ,7	16 ,3	7 ,0 »	21 ,9 »	2
24 ,0	15 ,7	5 ,3 »	25 ,2 »	12
22 ,9	16 ,4	7 ,3 »	23 ,9 »	32
24 ,5	15 ,7	6 ,1 Janv.	25 ,2 Juil.	7
23 ,9	16 ,2	5 ,5 »	25 ,5 »	6 ; résultat trop élevé.
23 ,5	16 ,6	7 ,3 »	24 ,3 Août	10
22 ,5	17 ,2	8 ,3 »	23 ,6 »	20
15 ,6	15 ,7	14 ,8 Juil.	16 ,3 Mars	2—3
25 ,0	15 ,9	6 ,3 Janv.	26 ,2 Juil.	12
23 ,5	16 ,3	7 ,9 »	24 ,6 Août	17—19 ; Observatoire placé à Capo di Monte.
23 ,6	16 ,8	7 ,7 »	25 ,1 »	8 ; Observat. de Capo di Monte.
26 ,4	18 ,4	4 ,7 »	28 ,6 Juil.	1
19 ,4	16 ,7	12 ,3 Juin	20 ,0 Fév.	5
26 ,4	16 ,4	4 ,7 Janv.	27 ,2 Juil.	15
22 ,4	18 ,3	8 ,9 Janv.	23 ,9 Août	3
23 ,8	16 ,8	9 ,2 »	24 ,5 »	17—19 ; résult. d'observ. faites simult. à Naples et à Capo di Monte.
23 ,9	17 ,3	9 ,0 »	25 ,0 »	8 ; 386.
21 ,7	17 ,0	11 ,2 »	22 ,3 Juil.	5
26 ,3	15 ,9	5 ,9 »	27 ,2 »	10
17 ,7	18 ,2	13 ,9 Sept.	19 ,0 Mars	5
26 ,8	15 ,2	. . . . .	. . . . .	1
19 ,1	16 ,2	12 ,3 Janv.	19 ,3 Juin	2 ; résultat peut-être un peu trop élevé.
25 ,9	16 ,5	4 ,6 »	26 ,6 Août	1
22 ,8	18 ,1	11 ,0 »	23 ,0 »	1—4
24 ,5	17 ,8	9 ,2 »	25 ,5 »	55

Suite du Tableau des

LIEUX.	LATITUDE géographique.	LONGITUDE orient. ou occident. à partir du méridien de Paris.	HAUTEUR au-dessus du niveau de la mer en mètr.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	du printemp.
400. Cadix.	36° 32′ N.	8° 38′ O.	—	17°,0	11°,2	15°,6
401. Nangasaki	32 45 »	101 32 E.	—	17 ,0	7 ,1	15 ,2
402. Laguna (Ténériffe). . . .	28 30 »	18 39 O.	545	17 ,1	13 ,6	15 ,4
403. Palerme	38 7 »	11 1 E.	54	17 ,2	11 ,4	15 ,0
404. Constantine	36 20 »	4 14 »	. . . .	17 ,2	10 ,2	12 ,3
405. Kathmandu	27 42 »	85 20 »	1413	17 ,3	8 ,4	18 ,4
406. Aleppo.	36 11 »	34 45 »	—	17 ,6	6 ,8	13 ,4
407. San Miguel (Açores). . . .	37 43 »	28 3 O.	—	17 ,7	14 ,0	15 ,9
408. Alger.	36 47 »	0 43 E.	—	17 ,8	12 ,4	15 ,5
409. Augusta	33 28 »	84 14 O.	. . . .	17 ,8	9 ,2	18 ,0
410. Nicolosi.	37 35 N.	12 46 E.	705	18 ,0	10 ,7	16 ,6
411. Canea	35 29 »	21 40 »	. . . .	18 ,0	12 ,4	15 ,6
412. Paramatta et Sydney . . .	33 50 S.	148 50 »	—	18 ,1	12 ,5	19 ,2
413. Smyrne.	38 26 N.	24 48 »	. . . .	18 ,2	11 ,1	14 ,6
414. Natchez et Gloster-Place.	31 34 »	93 45 O.	58	18 ,2	9 ,6	19 ,0
415. Insel Tschusan	30 25 »	119 24 E.	—	. . . .	4 ,3	. . . .
416. Damascus	33 27 »	34 3 »	735	18 ,6	9 ,3	16 ,5
417. Fort Jesup.	31 30 »	96 7 O.	. . . .	18 ,6	10 ,7	16 ,9
418. Smithville	34 0 »	80 25 »	. . . .	18 7	10 ,1	18 ,3
419. Funchal	32 38 »	19 15 »	—	18 ,7	16 ,3	17 ,5
420. Messine.	38 11 N.	13 14 E.	—	18 ,8	12 ,8	16 ,4
421. Charleston.	32 47 »	82 17 O.	—	18 ,8	12 ,9	18 ,7
422. Malabuleschwur.	17 59 »	71 10 E.	1364	19 ,2	18 ,1	22 ,7
423 Savannah.	32 5 »	83 27 O.	—	19 ,3	11 ,5	19 ,6
424. Montévidéo.	34 54 S.	58 38 »	. . . .	19 ,3	14 ,1	18 ,1
425. Catania.	37 30 N.	12 40 E.	—	19 ,6	12 ,6	17 ,5
426. Bâton-Rouge.	30 26 »	93 25 O.	. . . .	19 ,8	12 ,6	20 ,4
427. Mossoul	36 19 »	43 10 E.	—	19 ,9	. . . .	. . . .
428. Villa-Nova.	37 11 »		—	20 ,0	15 ,0	18 ,1
429. Malaga.	36 42 »	6 48 O.	—	20 ,0	15 ,1	18 ,2
430. Gibraltar.	36 6 N.	7 41 O.	—	20 ,0	15 ,3	18 ,5
431. St. George's (Bermudes). .	32 20 »	67 10 »	—	20 ,0	15 ,1	17 ,6
432. Merkara	12 26 »	73 30 E.	1364	20 ,1	19 ,6	22 ,7
433. Tunis.	36 48 »	7 51 »	—	20 ,3	13 ,2	18 ,3
434. Fort Philippe	29 29 »	91 41 O.	—	20 ,3	12 ,2	21 ,2
435. Cantonnement Clinch. . .	30 24 »	89 34 »	. . . .	20 ,5	13 ,2	20 ,5
436. Alexandrie.	31 13 »	33 8 E.	14	20 ,7	13 ,6	19 ,1
437. Mobile	30 42 »	90 19 O.	. . . .	20 ,8	13 ,4	21 ,3
438. Beirut	33 50 »	33 6 E.	60	20 ,9	14 ,7	18 ,2
439. Sainte-Augustine	29 48 »	29 55 O.	—	20 ,9	14 ,7	20 ,2

Bandes isothermes.

TEMPÉRATURE MOYENNE de l'été.	de l'automne.	du mois le plus froid.	du mois le plus chaud.	NOMBRE des ANNÉES D'OBSERVATIONS et REMARQUES.
22°,9	18°,1	7°,7 Janv.	28°,1	2
26 ,7	18 ,8	6 ,2 »	28 ,4 Août	3 1/2
20 ,2	18 ,9	12 ,9 »	21 ,7 »	6
23 ,5	19 ,0	10 ,7 Févr.	24 ,6 »	39
26 ,6	19 ,7	. . . . .	. . . . .	1
24 ,3	18 ,2	7 ,0 Janv.	24 ,9 Juil.	2—3; Hamilton et Robinson.
27 ,2	18 ,9	4 ,2 »	28 ,9 Août	1
22 ,5	18 ,4	13 ,5 »	23 ,8 »	12
23 ,6	19 ,9	11 ,7 »	24 ,7 »	3—4
26 ,6	17 ,6	8 ,3 »	27 ,3 Juil.	14
25 ,9	18 ,7	10 ,1 Févr.	27 ,1 Juil.	5—7
25 ,2	18 ,9	11 ,9 Janv.	27 ,9 »	1—2
23 ,3	18 ,2	11 ,7 »	24 ,7 Juin	2
26 ,0	21 ,1	. . . . .	. . . . .	1; trop élevé.
25 ,6	18 ,8	8 ,6 Janv.	26 ,4 Juil.	15
. . . .	20 ,0	4 ,1 Févr.	. . . . .	1
28 ,1	20 ,7	7 ,6 Janv.	30 ,4 Juil.	
27 ,5	19 ,1	10 ,1 »	27 ,9 »	20
26 ,8	19 ,8	9 ,1 »	27 ,4 »	10
21 ,1	19 ,8	15 ,7 »	22 ,3 Août	6
25 ,1	20 ,7	12 ,3 Janv.	26 ,2 Août	5—6
26 ,0	19 ,4	9 ,9 Févr.	26 ,7 Juil.	4
17 ,9	18 ,3	17 ,3 Juil.	23 ,6 Avr.	9
27 ,0	19 ,4	11 ,0 Janv.	27 ,5 Août	8; heures 7, 2, 7; résult. un peu trop élevé.
25 ,2	20 ,0	13 ,3 Déc.	26 ,7 Juil	1
26 ,9	21 ,4	11 ,3 Janv.	28 ,4 Août	4—7; résultat vraisembl. trop élevé.
27 ,5	19 ,8	11 ,3 »	28 ,1 Juin	7
. . . .	. . . .	. . . . .	. . . . .	
21 ,8	21 ,8	14 ,2	25 ,7	
21 ,6	21 ,6	12 ,1	26 ,8	2 1/2
25 ,8	21 ,2	14 ,7	26 ,1	11
25 ,3	22 ,2	14 ,4 Janv.	24 ,9 Sep.	1—2
19 ,7	18 ,5	. . . . .	. . . . .	1
28 ,3	21 ,9	11 ,7 Janv.	30 ,3 Août	3—4
27 ,7	22 ,4	. . . . .	. . . . .	1
27 ,4	20 ,9	12 ,3 Janv.	27 ,7 Juil.	7
25 ,7	23 ,2	14 ,1 »	26 ,8 Août	
27 ,5	20 ,9	12 ,9 Déc.	27 ,6 »	2—3
26 ,3	24 ,4	13 ,4 Janv.	28 ,4 »	1—2
26 ,7	22 ,1	14 ,1 »	26 ,9 Juil.	1—2

Suite du Tableau des

LIEUX.	LATITUDE géographique.	LONGITUDE orient. ou occident. à partir du méridien de Paris.	HAUTEUR au-dessus du niveau de la mer en mètr.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	du printemps.
440. Fernandina.	30° 55′ N.	84° 55′ O.	—	21°,1	15°,7	21°,1
441. Nouvelle-Orléans	29 58 »	92 27 »	—	21 ,1	13 ,1	21 ,7
442. Canton.	23 8 »	110 56 E.	—	21 ,0	12 ,7	21 ,0
				21 ,6	13 ,7	21 ,8
443. Petite Coquille.	30 10 »	91 58 O.	—	21 ,4	14 ,5	21 ,2
444. Fort King	29 3 »	84 30 »	. . . .	21 ,7	15 ,0	21 ,6
445. Las Palmas (îles Canaries).	28 0 »	17 51 »	—	21 ,8	18 ,0	19 ,4
446. Santa Cruz (Ténériffe). . .	28 28 »	18 36 »	—	21 ,9	18 ,1	21 ,3
447. Caracas.	10 31 »	69 25 »	916	22 ,0	20 ,9	21 ,8
448. Fort Brooke	27 57 »	84 55 »	. . . .	22 ,3	17 ,2	22 ,6
449. Caire.	30 2 »	28 55 E.	. . . .	22 ,4	14 ,7	21 ,9
450. Seharanpur.	29 57 N.	75 23 E.	308	22 ,4	12 ,2	24 ,8
451. Macao.	22 11 »	111 14 »	—	22 ,5	16 ,4	21 ,1
452. Candie.	7 18 »	78 30 »	512	22 ,7	22 ,3	23 ,5
453. Ambala.	30 25 »	74 25 »	330 ?	22 ,8	13 ,2	25 ,4
454. Ubajoy (près de la Havane)	23 9 »	84 45 O.	93	23 ,0	18 ,3	21 ,7
455. Rio de Janeiro.	22 55 S.	45 36 »	. . . .	23 ,1	20 ,3	22 ,5
456. Bangalore	12 58 N.	75 17 E.	916	23 ,6	21 ,9	26 ,2
457. Honolulu (îles Sandwich).	21 18 »	160 21 O.	. . . .	24 ,0	22 ,0	23 ,2
458. Nasirabad	26 18 »	72 25 E.	408	24 ,5	15 ,6	27 ,6
459. Saint-Louis (Sénégal). . .	16 1 »	18 53 O.	—	24 ,5	21 ,1	21 ,4
460. Key West	24 34 N.	84 13 O.	—	24 ,7	21 ,5	24 ,2
461. Sainte-Anne (Barbades). .	13 4 »	61 57 »	—	24 ,7	. . . .	25 ,9
462. Buitenzorg (Java)	6 37 S.	104 28 E.	270	24 ,8	24 ,4	24 ,9
463. Port Louis (Ile-de-France).	20 10 »	55 8 »	—	24 ,9	21 ,6	23 ,8
464. Punah.	18 30 N.	72 »	545	24 ,9	21 ,5	26 ,7
465. Abuscheher	28 15 »	48 31 »	. . . .	25 ,0	16 ,5	23 ,8
466. Futtigurh	27 22 »	77 12 »	181	25 ,0	15 ,3	28 ,5
467. Indus-Delta	24 44 »	67 57 »	. . . .	. . . .	17 ,8	. . . .
468. Havane.	23 9 »	84 43 O.	—	25 ,0	22 ,5	24 ,6
469. Saint-Denis (île Bourbon).	20 52 S.	53 10 E.	43	25 ,0	22 ,5	29 ,9
470. Vera-Cruz.	19 12 N.	98 29 O.	—	25 ,0	21 ,5	25 ,0
471. Seringapatnam.	12 45 »	74 21 E.	735	25 ,1	22 ,9	28 ,5
472. Port Antonio (Jamaïque). .	18 15 »	78 38 O.	. . . .	25 ,3	24 ,2	24 ,3
473. Bénarès	25 19 »	80 35 E.	97	25 ,4	16 ,3	30 ,0
474. Matanzas (Cuba).	23 2 »	83 58 O.	35	25 ,4	22 ,3	25 ,7
475. Ava.	21 50 »	93 45 E.	97 ?	25 ,7	20 ,4	27 ,7
476. Golfe de Mexico	?	? O.	—	25 ,9	23 ,0	26 ,4
477. Puerto Rico	18 29 »	68 33 »	. . . .	25 ,0	23 ,2	25 ,1
478. Tortola.	18 27 »	67 0 »	253	26 ,0	25 ,1	25 ,0
479. Jamaïque.	17 50 »	79 2 »	. . . .	26 ,1	24 ,6	25 ,7

Bandes isothermes.

TEMPÉRATURE MOYENNE de l'été.	de l'automne.	du mois le plus froid.	du mois le plus chaud.	NOMBRE des ANNÉES D'OBSERVATIONS et REMARQUES.
26°,1	21°,7	. . . . .	. . . . .	1
28 ,2	21 ,4	12°,2 Déc.	28°,8 Juil.	6
27 ,8	22 ,7	11 ,4 Janv.	28 ,3 »	10; résult. obtenu sous une Veranda.
28 ,2	22 ,5	13 ,3 »	28 ,5 Juin	3
28 ,1	21 ,9	12 ,9 »	28 ,3 Juil.	8
28 ,8	21 ,3	14 ,5 Déc.	27 ,2 »	5
23 ,8	26 ,2	17 ,8 Janv.	29 ,2 Oct.	12; résult. un peu douteux.
24 ,9	23 ,4	17 ,7 »	26 .1 Août	2—3
23 ,4	22 ,2	20 ,0 Févr.	24 ,0 Juil.	1—2
26 ,8	23 ,0	16 ,0 Janv.	26 ,9 »	10
29 ,2	23 ,6	13 ,5 »	29 ,8 Août	8
30 ,0	22 ,4	11 ,1 Janv.	32 ,2 Juin	1; résult. douteux.
28 ,3	24 ,1	15 ,1 Févr.	28 ,6 Juil.	5
22 ,8	22 ,4	21 ,8 Janv.	24 ,2 Mai	5—6
30 ,1	22 ,6	11 ,7 »	31 .9 Juin	3—4
28 ,4	23 ,9	16 ,8 Déc.	28 ,7 Juil.	4
26 ,1	23 ,6	19 ,6 Janv.	26 ,7 Août	7—9
23 ,6	22 ,2	21 ,1 Déc.	26 ,4 Mars	1
25 ,7	24 ,9	21 ,6 Janv.	26 ,0 Août	3—5
30 ,0	24 ,7	14 ,5 Déc.	32 ,4 Mai	4
27 ,6	28 ,2	19 ,9 Févr.	30 ,8 Sept.	1
27 ,9	25 ,5	20 ,8 Janv.	28 ,1 Août	6—8
28 ,7	26 ,5	24 ,5 »	27 ,0 »	1
24 ,7	25 ,1	24 ,0 »	25 ,5 Oct.	3
28 ,1	26 ,0	21 ,4 »	28 ,4 Août	6—9
26 ,1	25 ,3	20 ,8 Déc.	27 ,9 Mai	4
33 ,3	26 ,5	15 ,4 »	34 ,3 Juil.	1
31 ,7	24 ,5	14 ,1 Janv.	32 ,0 Juin	2; Edgeworth.
. . . .	. . . .	17 ,2 Févr.	. . . . .	1
27 ,4	25 ,6	21 ,9 Janv.	27 ,5 Août	7—8
26 ,7	25 ,6	22 ,1 »	27 ,1 »	2
27 ,5	26 ,0	21 ,2 Janv.	27 ,8 Mai	13
24 ,5	24 ,4	21 ,6 »	29 ,4 »	2
26 ,4	26 ,4	23 ,7 Févr.	27 ,0 Sept.	2
29 ,6	24 ,1	15 ,2 Déc.	33 ,4 Mai	4
27 ,6	26 ,1	21 ,3 Févr.	27 ,7 Juil.	3
28 ,7	26 ,2	18 ,9 Janv.	30 ,1 Avr.	1
28 ,0	26 ,0	21 ,7 Févr.	28 ,9 Juil.	1; observ. marines de Bérard.
29 ,5?	25 ,8	22 ,3 »	30 ,0? Août	1
27 ,1	26 ,6	24 ,1 Mars	27 ,5 »	3
27 ,4	26 ,6	24 ,4 Janv.	27 ,6 Juil.	5; colonel Lindsay.

Suite et fin du Tableau

LIEUX.	LATITUDE géographique.	LONGITUDE orient. ou occident. à partir du méridien de Paris.	HAUTEUR au-dessus du niveau de la mer en mètr.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	du printemps.
480. Saint-Barthélemy. . . .	17° 53′ N.	65° 20′ O.	—	26°,2	25°,1	26°,3
481. Batavia.	6 9 S.	104 33 E.	—	26 ,2	25 ,8	25 ,5
482. Sainte-Croix.	17 44 N.	67 9 O.	—	26 ,3	24 ,7	25 ,8
483. Trevandrum.	8 31 »	74 40 E.	—	26 ,3	25 ,9	27 ,7
484. Manille.	14 36 »	126 40 »	—	26 ,4	25 ,4	27 ,1
485. Cap Palmas	5 »	10 »	. . . .	26 ,4	26 ,1	27 ,4
486. Kobbe.	14 11 »	25 48 »	487 P	26 ,5	19 ,9	28 ,7
487. Paramaribo.	5 45 »	57 33 O.	. . . .	26 ,5	25 ,9	25 ,3
488. Calcutta	22 35 »	86 [illegible] E.	—	26 ,8	21 ,6	29 ,7
489. Aden.	12 46 »	42 50 »	—	26 ,8	23 ,6	27 ,1
490. Singapore	1 17 N.	101 30 E.	—	27 ,0	26 ,2	27 ,2
491. Fort Dundas (île Melville).	11 25 S.	127 45 »	—	27 ,0	24 ,0	27 ,5
492. Bombay.	18 56 N.	70 34 »	—	27 ,2	24 ,7	28 ,4
493. Anjarakandy.	11 40 »	73 20 »	—	27 ,2	26 ,9	29 ,0
494. Christiansborg.	5 24 »	2 10 O.	—	27 ,2	27 ,4	29 ,0
495. S. Luis do Maranhão . . .	2 31 S.	46 36 »	—	27 ,2	27 ,0	27 ,0
496. Bangkok.	13 40 N.	98 40 E.	—	27 ,3	25 ,8	28 ,8
497. Cumana	10 28 »	66 30 O.	—	27 ,4	27 ,0	28 ,6
498. Trinconomale	8 34 »	79 2 E.	—	27 ,4	25 ,7	28 ,4
499. Côtes de Guinée.	5 30 »	2 O.	—	27 ,4	28 ,1	28 ,3
500. Nagpur.	21 9 N.	76 51 E.	272	27 ,5	22 ,7	32 ,9
501. Madras.	13 5 »	77 57 »	—	27 ,7	25 ,0	28 ,3
	—	—	—	27 ,9	25 ,1	29 ,4
502. Kouka	13 10 »	12 10 »	350 P	28 ,2	23 ,8	32 ,6
503. Rio Hacha.	11 28 »	75 20 O.	—	. . . .	27 ,6	28 ,5
504. Karikal.	10 55 »	77 24 E.	. . . .	28 ,7	26 ,4	30 ,0
505. Maracaybo	11 19 »	76 29 O.	—	29 ,0	27 ,8	29 ,5
506. Massowah (Abyssinie). . .	15 36 »	37 9 E.	—	31 ,0	26 ,7	29 ,5

TEMPÉRATURE MOYENNE				NOMBRE des ANNÉES D'OBSERVATIONS et REMARQUES.
de l'été.	de l'automne.	du mois le plus froid.	du mois le plus chaud.	
27°,2	26°,5	25°,8 Fév.	28°,4 Juil.	2
26 ,6	26 ,8	. . . . .	27 ,1 Mai	2—4
27 ,8	27 ,1	24 ,2 Janv.	28 ,0 Juil.	1—2
25 ,7	25 ,7	25 ,4 Nov.	28 ,2 Avr.	8 1/2
26 ,8	26 ,4	25 ,0 Janv.	27 ,5 »	1
25 ,3	26 ,7	24 ,8 Août	27 ,8 »	1—2
30 ,0	27 ,4	18 ,8 Janv.	30 ,3 Juil.	2 ; Browne.
26 ,9	28 ,2	25 ,6 Févr.	28 ,1 Sep.	1—3
29 ,1	27 ,0	20 ,7 Déc.	30 ,7 Mai	10
28 ,6	27 ,9	22 ,6 Janv.	29 ,7 Juin	1
27 ,4	26 ,9	25 ,7 Janv.	27 ,6 Juil.	3
28 ,8	27 ,8	22 ,3 »	29 ,3 Juin	1
28 ,2	27 ,4	24 ,2 Févr.	29 ,9 Mai	2
26 ,1	26 ,7	25 ,7 Juil.	29 ,8 Avr.	10—13 ; résultat douteux.
25 ,5	27 ,0	24 ,6 Août	29 ,2 »	3—4
26 ,9	26 ,4	26 ,3 Oct.	27 ,1 Juil.	1
27 ,9	27 ,2	25 ,4 Janv.	29 ,0 Avr.	6
28 ,1	. . . .	26 ,9 »	29 ,2 Mai	1
28 ,9	27 ,2	25 ,4 »	29 ,2 Juin	3
26 ,4	27 ,0	25 ,6 Août	28 ,8 Fév.	1—2 ; colonies danoises ; Isert.
28 ,2	26 ,4	21 ,9 Janv.	35 ,7 Mai	3
30 ,1	27 ,4	24 ,0 »	31 ,2 Juil.	20
30 ,0	27 ,3	24 ,8 »	30 ,8 Avr.	5 ; observ. horaires.
29 ,0	27 ,2	20 ,6 Déc.	33 ,7 »	1—2
. . . .	. . . .	27 ,4 Janv.	29 ,1 Juin	1
29 ,9	28 ,6	25 ,5 Déc.	31 ,5 Mai	1
30 ,4	29 ,5	27 ,3 Janv.	30 ,5 Août	1
. . . .	32 ,0	25 ,5 »	33 ,8 Sep.	1

IX

EXPÉRIENCES
SUR LES MOYENS EUDIOMÉTRIQUES
ET SUR LA
PROPORTION DES PRINCIPES CONSTITUANTS DE L'ATMOSPHÈRE,

PAR MM. A. DE HUMBOLDT ET J.-F. GAY-LUSSAC.

(1805)

Si les physiciens et les chimistes sont aujourd'hui d'accord sur la nature des principes constituants de l'atmosphère, ils ne le sont point encore sur leur quantité absolue. Depuis Sheele et Lavoisier, qui avaient trouvé 0,27 d'oxigène dans l'air, des expériences nombreuses, dues à Cavendish, Marti, Berthollet, Fourcroy et Davy, ont beaucoup modifié cette proportion, en la fixant entre 0,20 et 0,23. On ne peut disconvenir néanmoins que ces limites ne soient encore très-éloignées l'une de l'autre et ne répondent nullement au degré d'exactitude que comportent nos connaissances actuelles; ou, si ces limites sont bien établies, il faut en conclure que l'atmosphère éprouve, dans sa composition, des oscillations considérables. Quoique pour la plupart des phénomènes chimiques

il ne soit pas nécessaire de connaître rigoureusement la quantité absolue des parties qui composent l'atmosphère, cette connaissance n'est pas moins intéressante par elle-même qu'importante pour l'histoire du globe terrestre. Si tous les faits géologiques tendent à prouver que la terre n'est plus ce qu'elle a été autrefois, que les eaux ont couvert des montagnes très-élevées, et que le Nord nourrissait des animaux qui n'appartiennent plus qu'aux tropiques, ces mêmes changements prouvent à quel point il serait utile pour les siècles futurs de bien constater aujourd'hui l'état physique du globe. Lors même que les grandes catastrophes qu'il a éprouvées ne se renouvelleraient plus, il peut subir encore des modifications lentes que l'homme ne saurait apprécier par lui-même, s'il n'en trouvait des preuves incontestables dans les annales des sciences. Il serait donc de la plus haute importance de fixer authentiquement les grands phénomènes de la nature qu'on peut supposer variables, tels que l'intensité des forces magnétiques, la hauteur du baromètre au niveau de la mer, celle de la mer même, la température moyenne de chaque climat et la proportion des principes constituants de l'atmosphère. Nous avons porté notre attention sur la dernière question, et quoique nous ne l'ayons pas encore résolue d'une manière qui puisse nous satisfaire entièrement nous-mêmes, nous hasardons de faire connaître le commencement du travail que nous avons entrepris sur cet objet et les recherches auxquelles il nous a conduits.

Les moyens eudiométriques qui doivent servir à déterminer la proportion des principes constituants de l'air ne sont pas tous susceptibles d'une égale précision, et quelques chimistes distingués donnent la préférence à un moyen qui est exclu par d'autres. Nous ne pouvions par conséquent nous dispenser de soumettre à l'épreuve les méthodes eudiométriques connues, afin de les bien apprécier ; car nous sommes convaincus que l'exactitude dans les expériences tient moins à l'observation fidèle des divisions d'un instrument qu'à l'exactitude même de la méthode. Quoique, en effet, le gaz nitreux paraisse au premier abord le moyen eudiométrique le plus incertain que l'on puisse choisir, nous nous sommes assurés que si l'on combine l'action de ce gaz avec celle du sulfate de fer ou de l'acide muriatique oxygéné et de la potasse, il peut indiquer avec beaucoup de précision la quantité d'oxygène contenue dans l'air. En général, tous les moyens eudiométriques donneraient les mêmes résultats si on les connaissait tous également ; c'est parce qu'il est très-difficile de faire toutes les corrections qu'ils exigent, qu'on donne naturellement la préférence aux moyens qui en exigent moins, quoique ce ne soient pas toujours ceux dont l'emploi est le plus simple. Nous commencerons donc par faire connaître les recherches eudiométriques dont nous nous sommes occupés, et nous les appliquerons ensuite à l'analyse de l'air atmosphérique et à celle de différents gaz retirés de l'eau dans diverses circonstances, ou mis en contact avec elle. Nous croyons

devoir rappeler encore que nous ne traiterons pas la question que nous nous sommes proposée avec l'étendue qu'elle mérite. Forcés d'interrompre nos recherches avant d'avoir pu les terminer, nous n'avons pour but que d'en faire connaître les principaux résultats. Depuis près de deux mois que nous les avons commencées dans un des laboratoires de l'École polytechnique, nous nous y sommes livrés avec d'autant plus d'assiduité, malgré le froid qui rend pénible ce genre d'expériences, que M. de Humboldt y attachait un intérêt particulier. En l'an VI, il avait présenté à l'Institut deux Mémoires sur l'analyse de l'air, renfermant un grand nombre d'expériences qu'il regarde aujourd'hui (c'est lui-même qui le déclare) comme très-inexactes, et comme justement combattues par Davy et par un chimiste qui nous honore tous deux d'une bonté particulière, par M. Berthollet. Zélé pour le progrès de la science, M. de Humboldt a voulu remplacer ce travail de sa première jeunesse par un autre fondé sur des bases plus solides. En commençant ses recherches, il a désiré m'y associer, et j'ai dû me sentir d'autant plus honoré de cette proposition, que, depuis le retour de son voyage aux tropiques, nous sommes liés de l'amitié la plus étroite.

Observations sur quelques moyens eudiométriques.

Nous ne nous proposons pas d'exposer dans ce Mémoire toutes les recherches que nous avons entreprises sur divers moyens eudiométriques ; la plupart

sont encore trop incomplètes; mais nous étant occupés plus particulièrement des sulfures alcalins et surtout du gaz hydrogène, nous exposerons en ce moment le résultat de nos observations sur ces deux moyens eudiométriques.

Quoique les sulfures alcalins aient en général, pour l'analyse de l'air, une action assez constante, et qui leur avait fait accorder avec raison la préférence sur les autres moyens eudiométriques, ils présentent cependant quelques causes d'incertitude, qu'il est indispensable de bien connaître, si l'on veut pouvoir ajouter une entière confiance aux résultats qu'on en obtient. On a cru longtemps qu'ils n'avaient aucune action sur l'azote, et quoique Marti eût annoncé dès 1790 qu'ils absorbaient ce gaz, on n'avait plus fait depuis attention à cette propriété. Il est vrai que Marti avait en même temps annoncé que, en les saturant d'azote, on pouvait les employer avantageusement à l'analyse de l'air, et obtenir constamment pour l'oxygène une proportion comprise entre 0,21 et 0,23. D'un autre côté, ce chimiste n'ayant pas indiqué avec assez de précision les détails de son expérience, Berthollet, qui l'avait répétée au milieu de circonstances différentes, avait annoncé dans sa Statique chimique que les sulfures alcalins ne lui avaient point paru avoir la propriété d'absorber l'azote, et il avait par là rassuré les chimistes sur l'emploi de ces substances dans l'analyse de l'air. Nous employâmes donc d'abord ce moyen avec beaucoup de confiance; nous n'avions à objecter que le temps qu'il exige et qui

avait fait désirer de longue date, malgré toute l'exactitude qu'il semblait offrir, qu'on pût lui en substituer un autre à l'abri du même inconvénient; mais nous avons bientôt reconnu, un peu grâce au hasard, que ce moyen n'agissait pas toujours d'une manière uniforme.

Ayant mis 100 parties d'air atmosphérique en contact avec une dissolution de sulfure de potasse faite à chaud, dans trois vases d'inégale capacité, nous avons observé au bout de huit jours que l'air avait perdu 23 parties de son volume dans un des vases, 23,6 et 26,0 dans les deux autres. Cette grande inégalité nous a d'abord beaucoup surpris; mais ayant remarqué que l'absorption la plus forte avait eu lieu dans le plus grand flacon, nous avons soupçonné qu'il s'était absorbé de l'azote, et pour mieux nous confirmer dans notre soupçon, nous avons répété la même expérience en employant deux vases de capacité plus inégale, les circonstances restant d'ailleurs les mêmes : au bout de dix jours, nous avons trouvé que dans le petit flacon l'absorption n'avait été que de 22,5 parties, tandis que dans le grand elle était de 30,6. Mais l'expérience la plus concluante que nous ayons faite à cet égard, a été de mettre une dissolution de sulfure de potasse, chauffée jusqu'à l'ébullition, en contact avec de l'azote dans des vases inégaux, ce qui nous a conduits à reconnaître que l'absorption était proportionnelle à la capacité de ces vases. Il serait donc possible de faire absorber une quantité déterminée d'air atmosphérique par une dissolution de sul-

fure alcalin, et de regarder cet air comme de l'oxygène pur, en supposant que toute la diminution de volume est due au gaz oxygène. Mais si au lieu d'employer une dissolution de sulfure faite à chaud on en emploie une faite à froid, comme l'a toujours pratiqué Berthollet, la dissolution de l'azote n'a plus lieu, au moins d'une manière sensible, et les résultats de l'analyse de l'air opérée par ce moyen deviennent beaucoup plus comparables. Cette action variable des sulfures alcalins dissous à diverses températures a besoin d'être mieux mise en lumière, et nous allons l'éclaircir en citant des phénomènes analogues, mais plus aisés à concevoir.

L'eau contenant toujours en dissolution une certaine quantité d'air, dans laquelle la proportion d'oxygène est plus forte que celle de l'air atmosphérique, il arrive que lorsqu'on la chauffe ou que l'on y dissout un sel, elle laisse dégager une partie de cet air et en conserve une autre, qu'il est possible encore de lui enlever par une plus forte chaleur. Si donc on met l'eau, qui a perdu par l'effet de la chaleur l'air qu'elle contenait, en contact avec de l'air atmosphérique, elle en absorbera, en revenant à sa première température, une quantité égale à celle qu'elle a perdue, et si on n'est pas prévenu de cette absorption et qu'on s'en tienne aux apparences, on supposera que l'eau ou seule ou chargée de sel a fait l'analyse de l'air. C'est ainsi que Heller a annoncé tout récemment qu'une dissolution de muriate de soude absorbait tout l'oxygène de l'air, quoique, en répétant l'expérience avec une

dissolution du même sel très-chargée, mais faite à froid, nous n'ayons pas trouvé la plus légère différence entre l'air atmosphérique ordinaire et celui qui avait été en contact avec la dissolution de muriate de soude pendant un mois et demi.

Il arrive précisément la même chose avec un sulfure qu'avec un sel. Au moment où il se dissout dans l'eau, il y a une partie d'air expulsée, et il s'établit un équilibre de saturation entre l'eau, le sulfure et l'air qu'elle tient en dissolution, en sorte que si les circonstances ne changent pas, il n'y a pas de raison pour qu'elle absorbe de nouvel air; mais si l'on fait chauffer la dissolution, une partie du gaz qu'elle contenait se dégage, et il faut bien qu'en revenant à sa première température elle absorbe ce qu'elle avait perdu, afin que l'équilibre se rétablisse (94). Nous croyons donc pouvoir expliquer la différence entre les résultats de Marti et de Berthollet par la différence même des circonstances dans lesquelles ils ont opéré; mais Marti paraît avoir cru que le sulfure absorbait, par sa nature, de l'azote, tandis qu'il n'en absorbe nullement, et qu'il empêche plutôt l'eau avec laquelle on l'a fait bouillir d'en absorber autant qu'elle le ferait sans cela.

Ainsi, en ayant l'attention de dissoudre à froid les sulfures et de les laisser quelque temps en contact avec de l'azote ou avec de l'air, on peut les employer utilement à l'analyse de l'atmosphère. Nous ferons observer pourtant qu'ils ont le désavantage d'exiger un long temps pour que leur action soit complète,

d'où il résulte qu'on est obligé d'avoir recours aux corrections souvent très-incertaines du thermomètre et du baromètre. La meilleure manière de remédier à cet inconvénient est sans doute de suivre la méthode de Berthollet et de Marti, qui consiste à mettre en comparaison sur l'eau une quantité déterminée d'air, pour en conclure, d'après ses variations de volume, celle de l'air qu'on analyse; mais cette méthode ne nous a pas paru avoir dans la pratique tout l'avantage qu'elle semble promettre.

Nous ferons remarquer encore, à l'égard de tous les moyens eudiométriques où la substance absorbante est solide ou liquide, que si l'on commet une erreur, soit en observant les divisions de l'instrument, soit en appréciant les incertitudes de la méthode, cette erreur porte nécessairement en entier sur la quantité d'oxygène; et comme, avec toute l'exactitude possible, on ne peut pas répondre d'une fraction beaucoup moindre qu'un centième, il en résulte qu'il serait impossible de déterminer la proportion d'oxygène contenue dans l'air au delà de cette limite. On remarque, en effet, que les chimistes, en se servant de moyens semblables, ont trouvé des variations assez considérables dans la quantité d'oxygène que renferme l'air; et Marti lui-même, qui parait avoir fait un très-grand nombre d'expériences avec les sulfures alcalins, et qui savait toutes les précautions qu'ils exigent, fixe cette quantité entre 0,21 et 0,23. Nous verrons plus bas que les moyens eudiométriques dans lesquels une substance gazeuse se com-

bine avec l'oxygène, peuvent donner une plus grande précision.

Comme notre projet, dès le commencement de notre travail, était de nous assurer si l'eudiomètre de Volta pouvait être employé à l'analyse de l'air, nous avons fixé principalement notre attention sur cet instrument. On l'avait accusé d'être infidèle, d'indiquer dans l'air moins d'oxygène qu'il n'en existe réellement ; mais il nous avait paru qu'en tenant compte des corrections nécessaires, et en observant la loi de leurs variations, on pouvait le rendre très-exact et très-commode ; en conséquence, nous nous sommes proposé les questions suivantes :

1° Lorsqu'on enflamme un mélange de gaz hydrogène et de gaz oxygène dans l'eudiomètre de Volta, l'absorption de l'un des gaz peut-elle être complète?

2° Le produit de leur combinaison est-il de nature constante?

3° Quelle est la proportion exacte des deux gaz pour former de l'eau?

4° Quelles sont les limites des erreurs que comporte l'eudiomètre de Volta?

Nous devons examiner successivement ces quatre questions : mais auparavant nous croyons essentiel de dire comment nous avons préparé les gaz qui ont servi à nos expériences.

Nous avons retiré le gaz oxygène du muriate suroxygéné de potasse. Pour l'obtenir, nous nous sommes servis d'une cornue de verre, à laquelle avait été soudé, à la lampe, le tube recourbé par où devait

s'échapper le gaz, et, afin qu'il fût aussi exempt d'azote qu'il est possible, nous avons rempli la cornue d'eau, environ jusqu'au quart de sa capacité. Cette eau se réduisant toute en vapeurs avant que le sel se décompose, a bientôt expulsé tout l'air de la cornue; mais pour prévenir l'absorption qui aurait lieu avant le dégagement du gaz oxygène, nous faisons plonger l'extrémité du tube dans une soucoupe remplie de mercure que nous enlevons aussitôt que le gaz commence à se dégager. Pour éviter que l'oxygène, en traversant l'eau, en chasse de l'azote, nous le portons directement dans la partie supérieure du récipient qui doit le recevoir, au moyen d'un tube recourbé à angle droit, qui atteint d'une part le haut du récipient, et de l'autre s'adapte au premier tube par le moyen d'un bouchon de liége commun aux deux. Ce procédé, assurément très-simple est surtout très-avantageux pour les gaz solubles dans l'eau, tels que le gaz acide carbonique, le gaz oxyde d'azote, etc. Nous avons obtenu notre gaz hydrogène en décomposant l'eau par le moyen du zinc et de l'acide muriatique ou de l'acide sulfurique étendu d'environ six parties d'eau. Nous avons eu soin aussi de remplir exactement d'acide le vase d'où devait se dégager le gaz, et de ne point lui faire traverser l'eau; malgré toutes ces précautions, notre oxygène a laissé avec le sulfure 0,004 d'azote, et l'hydrogène, analysé par d'autres moyens, en a manifesté 0,006. Après ces éclaircissements nous allons passer aux questions que nous nous sommes proposées, et d'abord:

Lorsqu'on enflamme un mélange de gaz oxygène et de gaz hydrogène dans l'eudiomètre de Volta, l'absorption de l'un des gaz peut-elle être complète?

Pour nous assurer si tout l'oxygène ou tout l'hydrogène pouvaient être entièrement détruits, nous avons pensé que si les deux gaz étaient parfaitement purs, ou si l'on connaissait leur degré de pureté, on devait, dans le cas de l'absorption complète, trouver la même proportion entre les principes de l'eau, soit que l'hydrogène dominât, soit que ce fût l'oxygène. Effectivement, en faisant détonner des mélanges de 300 d'hydrogène avec 100 d'oxygène, et de 200 du premier avec 200 du second, dans lesquels l'hydrogène et l'oxygène dominent alternativement, eu égard au rapport de 2 à 1 qui est celui des principes de l'eau, et en faisant la correction due à l'impureté des gaz, nous avons obtenu à très-peu près le même résidu. Même après l'entière absorption de l'un des deux gaz, il serait encore possible que les résidus obtenus en faisant dominer alternativement l'oxygène ou l'hydrogène ne fussent pas identiques, et cela aurait lieu si, suivant la prédominance de l'un des gaz, il se formait une eau oxygénée ou hydrogénée; mais puisque les volumes restants sont devenus identiques, il faut nécessairement en conclure que l'hydrogène et l'oxygène ont été entièrement absorbés l'un après l'autre. Toutefois, bien que l'absorption des deux gaz puisse être complète dans quelques circonstances, il ne faut pas croire qu'elle le soit avec des quantités quelconques;

non-seulement il y a des proportions telles d'hydrogène et d'oxygène, et de ces deux gaz mêlés avec l'azote ou même avec un autre gaz quelconque, qu'il est impossible de les allumer par le moyen de l'étincelle électrique ; mais il en est d'autres encore avec lesquelles l'inflammation commencée s'arrête avant que la combustion soit finie. Nous allons citer à cet égard des expériences qui nous paraissent très-concluantes.

Nous avons mêlé 100 parties d'hydrogène avec 200, 300,... 900 d'oxygène et nous les avons enflammées par l'étincelle électrique : dans ces diverses proportions, l'absorption a été constamment de 146 parties ; mais avec 1000 d'oxygène, elle a été réduite tout à coup à 55 ; avec 1200 et 1400 elle a été réduite à 24 et à 14 ; avec 1600, à zéro, c'est-à-dire qu'il n'y a pas eu d'inflammation. Voici le tableau de ces divers résultats :

Hydrogène.	Oxygène.	Absorption.
100	200	146
100	300	146
100	600	146
100	900	146
100	950	68
100	1000	55
100	1200	24
100	1400	14
100	1600	0 (95)

Ce qu'il y a de frappant dans cette série d'expériences, c'est de voir : 1° une absorption constante avec des proportions très-différentes se changer subitement en une absorption décroissante ; 2° la com-

bustion commencée du gaz hydrogène s'arrêter avant d'être achevée; 3° des proportions d'oxygène et d'hydrogène telles qu'il n'est pas possible des les enflammer. Ces divers phénomènes seront un peu éclaircis par la suite; en attendant, remarquons qu'il y a des proportions, même assez étendues, avec lesquelles la combustion du gaz hydrogène peut être complète.

Les phénomènes précédents ne sont pas particuliers aux gaz hydrogène et oxygène, mêlés dans les proportions que nous venons d'indiquer; ils ont encore lieu, lorsqu'on enflamme 100 parties d'oxygène avec 200, 300, ... 1000, etc., d'hydrogène. Il arrive seulement alors que le terme où l'absorption cesse d'être constante est plus éloigné, et, pour en sentir la raison, il suffit d'observer que dans ce cas il disparaît environ 300 parties par l'inflammation, tandis qu'il n'en a disparu que la moitié dans les expériences précédentes.

Le gaz azote et le gaz acide carbonique présentent aussi des résultats analogues. En enflammant, par exemple, un mélange de 900 parties d'azote, 100 d'hydrogène et 100 d'oxygène, l'absorption qui devrait être de 146 parties si la combustion était complète, n'a été, dans l'expérience que nous prenons pour exemple, que de 50 parties, quoique dans d'autres nous l'ayons vue un peu au-dessus ou au-dessous de cette quantité. Avec des proportions inférieures d'azote nous avons eu constamment l'absorption de 146. Quoique l'azote paraisse se comporter ici comme

l'oxygène, puisque avec 100 d'hydrogène et 1000 d'oxygène nous avons eu à peu près le même résultat qu'avec 100 d'hydrogène, 100 d'oxygène et 900 d'azote, nous n'en tirerons aucune conséquence, parce que nous n'avons pas encore assez multiplié et varié nos expériences. Néanmoins, celles que nous avons faites tendent à prouver que lorsque des portions déterminées de gaz oxygène et de gaz hydrogène sont mêlées avec différents gaz, l'absorption peut être constante jusqu'à un certain point, passé lequel elle décroît très-vite.

L'absorption de l'oxygène et de l'hydrogène étant complète dans des proportions déterminées, et ne l'étant pas dans d'autres, il sera donc toujours possible de ramener un mélange gazeux, qui seul ne pourrait pas s'enflammer, à un autre avec lequel l'absorption d'un des gaz serait totale, en ajoutant de l'oxygène ou de l'hydrogène, ou même de l'un et de l'autre.

La combustion des 100 parties d'hydrogène, dans l'expérience précédente, n'ayant pas été complète, nous avons analysé le résidu. 100 parties mises avec du phosphore ont diminué de 7 en quatre heures, preuve manifeste que le résidu contenait de l'oxygène. Pour nous assurer s'il avait retenu de l'hydrogène, nous avons enflammé dans l'eudiomètre de Volta un mélange de :

200 du résidu précédent.
200 de gaz oxygène.
200 de gaz hydrogène.

600

A la suite de l'inflammation, il avait disparu 312 parties ; et comme d'après des expériences que nous rapporterons plus bas, 100 d'oxygène pur exigent pour se saturer 200 de gaz hydrogène, l'absorption qui, avec le gaz hydrogène que nous avons employé ici, n'eût dû être que de 292 parties, ayant été de 312, il faut nécessairement que le résidu en ait fourni assez pour porter l'absorption de 292 à 312, c'est-à-dire qu'il en contînt 13,3 parties. Or le calcul indique qu'il devait en contenir 12 ; il est donc prouvé clairement que, bien que l'inflammation ait eu lieu, la combustion n'a pas été complète, et que tout l'hydrogène n'était point entré en combinaison, puisque nous avons retrouvé celui qui n'avait pas été absorbé dans le résidu. Nous ferons observer que, dans tous les cas où l'absorption n'a pas été complète, l'inflammation a été peu vive.

En comparant, dans l'inflammation des gaz hydrogène et oxygène, les effets de l'électricité à ceux d'une haute température, nous avons été conduits à penser que l'inflammation par le choc électrique pourrait bien être due à la chaleur produite par la compression instantanée qu'exerce l'étincelle électrique dans son passage. Nous savions en effet, d'après notre propre expérience, que l'inflammation d'un mélange de gaz hydrogène et de gaz oxygène dépend uniquement de la température, lorsque cette inflammation est produite par la chaleur. Car si l'on fait passer très-lentement ce mélange par un tube chauffé très-graduellement depuis l'extrémité jusqu'au centre, sans

s'opposer à la dilatation libre des gaz, l'inflammation aura lieu aussitôt que la température sera assez élevée. Étant donc posé comme un fait, que l'inflammation des gaz oxygène et hydrogène n'a lieu qu'à une certaine température, voyons ce qui se passe dans leur inflammation par l'étincelle électrique. Lorsque l'étincelle traverse un mélange d'oxygène et d'hydrogène, elle le déplace par son passage rapide, qui ne permet pas aux molécules gazeuses de se communiquer le mouvement aussi vite qu'elles l'ont reçu; il en résulte une compression instantanée très-forte, qui produit une élévation de température supérieure à celle qu'exige la combinaison des gaz, et dès lors l'inflammation commencée doit se propager très-rapidement.

D'après cette manière de concevoir les effets de l'électricité, nous avions pensé que lorsqu'une faible étincelle ne produit qu'une combustion incomplète dans un mélange de gaz hydrogène et de gaz oxygène, une étincelle plus forte produirait une combustion plus complète. Cependant, soit que nous n'ayons pas employé une électricité assez vive, soit que nous n'ayons pas assez multiplié nos expériences, nous n'avons pas obtenu de différences sensibles en employant l'étincelle d'un électrophore de 3 décimètres de diamètre ou le choc d'une bouteille de Leyde très-chargée; mais la construction de notre eudiomètre ne nous a pas permis d'y tirer de très-vives étincelles et nous attendrons, pour prononcer sur l'influence de la force de l'électricité dans l'inflammation de

l'hydrogène et de l'oxygène, que nous ayons fait de nouvelles recherches.

Dans l'expérience que nous avons rapportée, où fut enflammé un mélange de 900 parties d'azote, 100 d'oxygène et 100 d'hydrogène, l'absorption n'a pas été aussi forte qu'elle aurait dû l'être, et nous avons prouvé que le résidu devait contenir ce qui avait échappé à la combustion, c'est-à-dire qu'il devait être composé, sur 100 parties, de 6 d'hydrogène, de 8 d'oxygène et de 86 d'azote. Donc, puisque la combustion a été interrompue lorsque ces proportions ont eu lieu, on peut conclure qu'une nouvelle étincelle électrique ne pourrait plus enflammer ce mélange. Par conséquent, dans l'atmosphère, où il y a beaucoup moins de 6 centièmes d'hydrogène, l'étincelle électrique ne pourra pas enflammer ce gaz, ou si elle l'enflamme sur son passage, en raison de sa grande force, l'inflammation ne pourra pas se propager, et restera pour ainsi dire particulière aux parties que traverse l'étincelle. Donc, enfin, on ne peut pas attribuer à l'inflammation du gaz hydrogène par la foudre, et moins encore, par des charges plus faibles d'électricité, les phénomènes météoriques ignés; ou si ces phénomènes sont effectivement le résultat de l'inflammation du gaz hydrogène, il faudrait conclure qu'il devrait s'en trouver plus de 6 centièmes dans l'air au moment où ils sont produits; ce qui est contre toute vraisemblance, surtout quand on se rappelle que de l'air pris à une très-grande hauteur et comparé avec de l'air pris à

la surface de la terre n'a pas présenté d'hydrogène appréciable.

Mais si à chaque fois que l'on tire une étincelle électrique dans un mélange d'hydrogène et d'oxygène, ou bien d'azote, d'hydrogène et d'oxygène, qui ne peut pas s'enflammer, il y a effectivement une chaleur locale et instantanée produite par la compression qu'exerce l'étincelle à son passage, il serait possible qu'en tirant une suite d'étincelles dans un des mélanges dont nous venons de parler, il y eût à chaque choc une petite inflammation locale sur le passage de l'étincelle, et qu'ainsi l'on parvînt à détruire une quantité déterminée d'hydrogène noyée dans beaucoup d'azote et d'oxygène, ou dans de l'oxygène seulement. Un fait pourrait confirmer ce soupçon, c'est qu'il est notoire que l'éther et l'ammoniaque, qui sont décomposés par la chaleur lorsqu'on les fait passer en vapeurs à travers un tube rouge, le sont également par des chocs électriques réitérés. Il serait aussi très-intéressant de savoir si on pourrait enflammer par l'étincelle électrique un mélange convenable d'oxygène et d'hydrogène, après l'avoir dilaté par le moyen de la machine pneumatique. Si en effet l'inflammation par l'étincelle électrique dépend de la chaleur produite par la compression, il serait naturel de penser que, lorsque les gaz sont dilatés, la compression par l'étincelle étant moins forte, la chaleur qui en résulte doit être aussi beaucoup plus faible, et qu'il peut y avoir un degré de dilatation des gaz tel, que l inflammation ne puisse

pas avoir lieu. Nous n'avons pas encore eu le temps de faire ces diverses expériences, mais nous n'abandonnons point le projet de nous y livrer, et nous espérons même pouvoir le faire bientôt.

En résumé, il y a des proportions d'hydrogène et d'oxygène, ou de ces deux gaz avec l'azote, telles que la combustion peut être complète. Il y en a d'autres avec lesquelles la combustion s'arrête d'elle-même avant d'être achevée; d'autres enfin avec lesquelles elle ne peut du tout avoir lieu. Le gaz hydrogène qui échappe à la combustion se retrouve en entier dans le résidu. Quand on ne peut produire par l'étincelle électrique une inflammation complète du gaz hydrogène, ou même la commencer, il suffit d'augmenter les proportions d'oxygène ou d'hydrogène. Les phénomènes météoriques ignés ne sauraient être le résultat de l'inflammation du gaz hydrogène, parce que, dans les régions où l'on suppose que se passent les principaux d'entre ces phénomènes, tels que les averses abondantes et subites qui ont lieu quelquefois après un coup de tonnerre, il faudrait qu'il s'y trouvât plus de 6 centièmes d'hydrogène, sans quoi l'inflammation ne pourrait pas avoir lieu; encore n'y aurait-il que l'excédant de cette proportion qui pût s'enflammer.

Rien n'empêcherait d'expliquer les cas où la combustion n'a pas été complète, en disant, d'après les lois des affinités, que lorsqu'un des gaz devient très-prédominant, il peut défendre l'autre par son affinité et le soustraire en partie à la combustion. Alors même

que cette affinité serait très-faible, on conçoit que la quantité du gaz y puisse suppléer, ainsi que le pensait Berthollet, et s'il y a une propriété particulière dans les divers gaz pour arrêter plus tôt ou plus tard la combustion, on l'expliquerait par la différence de leur nature. Mais en raisonnant dans le cas où l'hydrogène se trouve mêlé avec l'oxygène seulement, et en faisant dépendre de l'affinité les phénomènes qui se produisent lors de sa combustion avec diverses proportions de ce gaz, comment expliquer le passage subit d'une absorption constante à une absorption décroissante, quand on convient que si l'hydrogène peut être soustrait à la combinaison par l'oxygène, l'effet de l'oxygène doit suivre une loi régulière? Comment concevoir que ces deux gaz, après s'être trouvés dans des circonstances favorables à leur combinaison, se maintiennent, par leur affinité, à l'état élastique, quand ils pourraient former une combinaison beaucoup plus dense, l'eau? Comment concevoir enfin qu'une affinité qui produit une condensation et une saturation très-grandes puisse être inférieure à une affinité qui ne produit aucun changement dans les dimensions des deux gaz, aucune saturation? L'hydrogène et l'oxygène, en quelque état qu'ils soient, ont le même degré d'affinité, puisque cette affinité se mesure par leur capacité de saturation; seulement l'état où ils se trouvent peut être plus ou moins favorable à leur combinaison. Or dire que l'hydrogène et l'oxygène ont une plus grande affinité à l'état de gaz qu'à l'état de liquide,

c'est dire que leurs molécules s'attirent plus lorsqu'elles sont très-éloignées que lorsqu'elles sont très-proches. Ces objections contre une explication fondée uniquement sur les affinités nous ayant paru de quelque poids, nous avons essayé de présenter une autre solution qui, suivant nous, ne fût pas sujette aux mêmes difficultés.

Tous les corps combustibles exigent en général une certaine élévation de température pour se combiner avec l'oxygène. Le charbon, par exemple, ne se convertit en acide carbonique que lorsqu'il est rouge, et ce même corps qui, à une haute température, peut continuer de brûler, quand il est frappé par un courant de vapeur aqueuse, s'éteint aussitôt qu'on le plonge dans l'eau. Ce principe, que les corps exigent en général une certaine élévation de température pour brûler, étant une fois admis, supposons que l'on ait un corps qui brûle dans un volume donné d'air atmosphérique, et que la température nécessaire à la combustion soit maintenue uniquement par la chaleur due à l'absorption de l'oxygène; admettons encore qu'au commencement de la combustion la chaleur produite par la fixation de l'oxygène contenu dans un centimètre cube d'air soit égale à 1, et que la chaleur perdue, pendant cette fixation, en calorique rayonnant, ou par l'absorption qu'en font le gaz azote et d'autres corps, soit égale à $\frac{1}{2}$, en négligeant ici la loi suivant laquelle elle décroît; on conçoit que, dans les premiers moments de la combustion, la température du corps devra s'éle-

ver; mais à mesure que la quantité d'oxygène diminuera et que celle de l'azote augmentera proportionnellement, la chaleur communiquée diminuera aussi. Il arrivera donc un point où la chaleur perdue égalera la chaleur communiquée, et au-dessous duquel la température étant trop basse, la combustion devra cesser : ce qui prouve bien que c'est uniquement parce que la température est trop basse que la combustion s'arrête, c'est que si l'on maintient artificiellement la température assez élevée, le corps continuera de brûler.

Maintenant cette explication subsistera toujours quand, au lieu d'azote, ce sera le gaz sulfureux, le gaz hydrogène, le gaz acide carbonique, ou tout autre gaz qui se trouvera mêlé avec l'oxygène; seulement la combustion pourra cesser plus tôt ou plus tard qu'avec l'azote. On conçoit en effet que si le gaz sulfureux ou le gaz acide carbonique avaient une capacité de calorique beaucoup plus grande que celle de l'azote, en les supposant mêlés avec l'oxygène dans les mêmes proportions que l'azote, la perte de la chaleur serait beaucoup plus grande et, par conséquent, la cessation de la combustion devrait avoir lieu plus tôt. Mais si les gaz avaient des capacités égales pour le calorique, ils devraient tous arrêter la combustion au même moment, comme nous avons vu que l'ont fait à peu près l'oxygène et l'azote avec l'hydrogène, et par là se résoudrait peut-être l'importante question de savoir si les gaz ont des capacités égales ou différentes.

D'après cela, un corps combustible, du soufre par exemple, cesserait de brûler dans un volume déterminé d'air, non parce que l'affinité pour l'oxygène de l'azote ou des gaz produits serait plus forte que celle du corps combustible, mais parce que la chaleur absorbée par ces gaz, qui tendent à se mettre en équilibre de température avec le corps enflammé, serait plus grande que la chaleur due à la fixation de l'oxygène, d'où il résulterait que la température serait bientôt ramenée au-dessous de celle qui est nécessaire à la combustion. On sait en effet que le soufre peut recommencer à brûler dans un air où il s'était éteint, si l'on élève suffisamment la température.

Ce qui a lieu lors de la combustion instantanée de l'hydrogène dans l'eudiomètre de Volta est absolument analogue à ce qui se passe lors de la combustion successive de l'hydrogène ou de tout autre corps dans un volume donné d'air. Si l'on place une lampe à gaz hydrogène sous une cloche remplie de gaz oxygène, la flamme sera petite, vive et légèrement colorée. Qu'on remplace l'oxygène par l'air atmosphérique, la flamme sera plus étendue, moins vive et plus colorée. A mesure surtout que la proportion d'oxygène ira en diminuant, la flamme prendra un accroissement nouveau, parce que l'hydrogène sera obligé d'aller chercher plus loin l'oxygène, et la flamme, après s'être colorée en un vert bleuâtre très-léger, s'éteindra bientôt, quoiqu'il reste dans l'air plusieurs centièmes d'oxygène. Les

phénomènes ne sont pas différents dans l'eudiomètre de Volta. Quand les proportions d'oxygène et d'hydrogène ne s'écartent pas beaucoup de celles qui constituent l'eau, la flamme est encore très-vive malgré sa dilatation ; mais si l'on mêle par exemple 1000 parties d'oxygène avec 100 d'hydrogène, alors la flamme est faible, colorée en vert bleuâtre, et la combustion de l'hydrogène n'est pas à beaucoup près complète, puisqu'on en trouve près des deux tiers dans le résidu. Ce qui prouve encore que c'est faute d'une température assez élevée que la combustion n'a pas été complète, c'est que si l'on fait passer le résidu, comme nous l'avons fait, à travers un tube de porcelaine rouge, on verra que tout l'hydrogène sera absorbé.

Nous ferons observer que dans la combinaison des gaz hydrogène et oxygène, il se présente un phénomène bien singulier qui a fixé depuis longtemps l'attention de Monge.

Comment se fait-il, dit ce célèbre physicien, qu'en élevant la température des deux gaz, c'est-à-dire en augmentant la dose du dissolvant, on diminue l'adhérence qu'il avait pour ses bases? Bien éloigné de croire que dans l'état actuel de nos connaissances on puisse donner de ce phénomène une explication satisfaisante, nous le rappelons au contraire à l'attention des physiciens. En effet, d'après l'idée qu'on peut se former de la force qui produit les combinaisons et des forces opposées, l'état élastique annonce que la force de cohésion est détruite, et que deux

corps en cet état sont dans la condition la plus favorable à la combinaison ; de sorte que la force attractive de leurs molécules étant changée en une force répulsive, toute cause qui favorisera la dernière sera opposée à la première. Il arrive cependant qu'en élevant la température des deux gaz, c'est-à-dire en augmentant leur force répulsive, on favorise leur force attractive. On ne peut pas croire, d'après cela, que la chaleur ne fasse qu'écarter leurs molécules; car, dans ce cas, pourquoi un mélange de gaz hydrogène et de gaz oxygène ne s'enflammerait-il pas sous le récipient d'une machine pneumatique où l'on peut le dilater indéfiniment? On ne peut pas croire non plus que la chaleur, en agissant instantanément, produise une compression qui rapproche les molécules des deux gaz et en favorise la combinaison ; car il est facile de s'assurer qu'un mélange de gaz oxygène et de gaz hydrogène, qu'on chauffera très-graduellement, sans s'opposer à sa dilatation, s'enflammera néanmoins lorsque la température sera assez élevée.

Après avoir prouvé que dans des circonstances déterminées la combustion de l'hydrogène et de l'oxygène peut être complète, nous allons examiner si les produits en sont constants.

D'après toutes les expériences qu'on a faites sur la composition de l'eau, on a regardé généralement le résultat comme uniforme. On a cependant obtenu quelquefois une très-petite quantité d'acide nitrique ; mais il a été reconnu que cet acide n'est point un

produit constant de la combustion de l'hydrogène, et qu'il est au contraire très-accidentel, Cavendish qui le premier a aperçu cette formation de l'acide nitrique, Fourcroy, Séguin et Vauquelin, nous ont appris comment on pouvait l'éviter et obtenir une eau qui ne fût pas acide. Il n'est point démontré, il est vrai, que l'on n'ait point formé des eaux oxygénées ou hydrogénées, parce que, dans toutes les expériences exactes qu'on a faites, on a toujours opéré la combustion du gaz hydrogène de la même manière, et il serait tout au plus prouvé que celles qu'on a obtenues dans les mêmes conditions sont constantes. Si l'on comparait la combustion du gaz hydrogène à celle du gaz nitreux, dont les produits sont si variables, on serait encore plus fondé à penser que, puisque l'oxygène a toujours dominé dans les expériences faites jusqu'ici, il peut s'être formé une eau oxygénée, tandis que si l'hydrogène eût dominé, il se serait formé une eau hydrogénée. Admettons donc qu'il puisse se former une eau oxygénée; si on l'obtient dans toutes les circonstances et qu'elle soit constante, cela sera indifférent pour la proportion des principes qui la composent, proportion qui doit servir à l'analyse de l'air; mais si elle n'est ainsi que parce que l'oxygène a dominé, il est bien manifeste que l'on n'obtiendra plus les mêmes proportions, en faisant dominer alternativement les deux gaz. Or nous avons fait un grand nombre d'expériences qui prouvent qu'en mettant tantôt l'un, tantôt l'autre en excès, on obtient constamment les mêmes pro-

portions ; le résultat de la combustion du gaz hydrogène est donc de nature uniforme. Les phénomènes galvaniques de la décomposition de l'eau paraissent prouver cependant que l'eau est susceptible de s'oxygéner ou de s'hydrogéner ; et c'est d'après cette supposition que Laplace et Berthollet ont expliqué l'expérience singulière de la décomposition de l'eau par deux fils métalliques, plongeant d'un côté dans ce liquide, et communiquant de l'autre aux deux pôles d'une pile galvanique. Mais sans vouloir rien opposer à cette explication, la plus satisfaisante, à ce qu'il nous paraît, qu'on ait proposée jusqu'à présent, nous ferons observer que l'absorption complète de l'hydrogène à l'un des fils, et de l'oxygène à l'autre, prouve que l'eau ne devient point oxygénée ou hydrogénée, parce que, pour le devenir, il faudrait qu'elle absorbât l'un des gaz dans une proportion plus grande que celle qui convient à la composition de l'eau, Si donc elle absorbe exactement de l'oxygène et de l'hydrogène dans la proportion nécessaire pour former de l'eau, on doit concevoir que les propriétés de l'un des gaz seront neutralisées par celles de l'autre. Ainsi, dans les circonstances dont il s'agit, l'eau pourrait s'oxygéner instantanément à l'un des fils, et s'hydrogéner à l'autre ; mais les deux gaz, se trouvant privés d'élasticité et dans des proportions exactes, doivent bientôt rentrer en combinaison.

S'il est bien prouvé que, dans des circonstances données, l'hydrogène ou l'oxygène peuvent être absorbés complétement, et s'il l'est également que

le produit de leur combinaison est constant, il ne s'agit plus, pour résoudre la troisième question que nous nous sommes proposée, que de déterminer les proportions de l'oxygène et de l'hydrogène nécessaires pour la formation de l'eau. C'est vers ce but que sont dirigées les expériences suivantes.

A 100 parties de gaz oxygène nous avons ajouté 300 parties de gaz hydrogène, et après les avoir enflammées par l'étincelle électrique, nous avons obtenu, dans douze expériences, les résultats suivants :

100,8	101,0	102,0
101,4	101,7	102,0
100,5	102,0	101,0
101,0	101,5	101,5
dont le terme moyen est de. . . .		101,3

Ainsi 100 d'oxygène supposé très-pur auraient exigé 98,7 d'hydrogène : mais en mettant notre gaz oxygène avec du sulfure, nous avons trouvé qu'il avait été complétement absorbé à 0,004 près ; il suit donc de là que 99,6 d'oxygène ont absorbé 199,1 d'hydrogène, ou que 100 en ont absorbé 199,89, ou enfin, en nombres ronds, que 100 d'oxygène demandent pour se saturer 200 d'hydrogène.

Dans les expériences précédentes, c'est l'oxygène qui a disparu. Faisons maintenant l'inverse en enflammant un mélange de 200 parties de chaque gaz ; les résidus de diverses inflammations seront les suivants :

101,5	102,0	101,5
101,3	102,0	102,3
102,2	101,0	102,0
102,0	101,0	102,0
Terme moyen. . .	101,7	
Absorption moyenne.	298,3	

200 parties d'hydrogène supposé pur en exigeraient donc 98,3 d'oxygène, tandis que, d'après la proportion que nous venons d'établir, il leur en faudrait 100. Mais si nous admettons que cette même proportion soit exacte, dans les 298,3 d'absorption, il ne se trouverait que 198,8 d'hydrogène, ce qui indiquerait 0,006 d'azote dans ce gaz.

Supposons même que l'hydrogène fût parfaitement pur, les deux proportions obtenues en faisant dominer l'oxygène et l'hydrogène s'accordent assez entre elles pour confirmer tout ce que nous avons dit dans le courant de ce Mémoire. Il suffit, si l'on veut les rendre identiques, d'admettre 0,006 d'azote dans l'hydrogène, et en effet nous pouvons y démontrer la présence de ce gaz.

On vient de voir, par les expériences précédentes, que, sans aucune correction, 200 d'hydrogène ont absorbé 98,3 d'oxygène. Prenons donc les résidus 101,0 et 101,5 provenant de la combustion de 100 d'oxygène et de 300 d'hydrogène, et faisons-les détoner avec 200 de gaz oxygène. Dans ces deux résidus il doit se trouver 0,008 d'azote, dus aux 200 parties de gaz oxygène, et si le reste 201,7 était de l'hydrogène pur, il devrait absorber 99,1 d'oxygène; par consé-

quent 300,8 parties auraient dû disparaître par l'inflammation; mais 295,0 seulement ont disparu : il faut donc que le résidu 201,7 ne soit pas de l'hydrogène pur, et que d'après la proportion de 100 d'oxygène à 200 d'hydrogène, il contienne 5,0 d'azote provenant de 600 d'hydrogène, c'est-à-dire que ce dernier gaz contiendrait 0,008 d'azote.

Ainsi il nous paraît prouvé que 100 parties en volume de gaz oxygène exigent à très-peu près 200 parties de gaz hydrogène pour se saturer. D'après l'expérience de Fourcroy, Vauquelin et Séguin, 100 parties d'oxygène en demanderaient 205 d'hydrogène; mais nous remarquons que, en adoptant l'une ou l'autre proportion, on peut se tromper tout au plus de 0,0035 sur la quantité absolue de l'oxygène de l'air, et que lorsqu'il s'agit de quantités relatives, l'erreur est beaucoup plus petite encore.

Nous nous sommes assurés que la proportion ne varie pas par l'effet des changements de température. Il est évident qu'il devait en être ainsi, puisque la chaleur dilatant également les deux gaz, et leur faisant dissoudre d'égales quantités d'eau, les poids réels d'oxygène et d'hydrogène contenus dans des volumes égaux conservent toujours entre eux le même rapport. Il serait donc plus exact de dire, en supposant que notre proportion par les volumes soit bien établie, que 100 parties d'oxygène en demandent 200 d'hydrogène, que d'énoncer les proportions de l'eau par les poids. Si l'oxygène et l'hydrogène qu'on a fait servir à la formation de l'eau eussent été parfaitement

secs, ou si on eût fait la correction due à l'humidité qu'ils pouvaient contenir, il serait indifférent d'énoncer le rapport des principes qui la composent d'après les volumes ou d'après les poids; mais puisque l'hydrogène se combine avec un volume double d'oxygène, et qu'ils dissolvent l'un et l'autre la même proportion d'eau, il est évident qu'ils ne portent pas dans la combinaison des quantités d'eau qui soient entre elles comme les poids des deux gaz, et que par conséquent la proportion des principes de l'eau doit en être nécessairement altérée. Ainsi, le rapport d'après les volumes a la propriété de rester constant malgré les changements de température et d'humidité, tandis que le rapport des poids est variable dans les mêmes circonstances. Et qu'on ne croie pas que cette considération soit d'un si faible intérêt; il est bien facile de faire voir qu'elle influe considérablement sur le rapport des principes de l'eau. D'après l'expérience de Fourcroy, Vauquelin et Séguin, la plus exacte qu'on ait faite jusqu'à ce jour sur cet objet, l'eau contient en poids 85,662 d'oxygène, et 14,338 d'hydrogène. Mais l'expérience ayant été faite à la température de 14° environ, et la correction due à l'eau tenue en dissolution par les gaz ayant été négligée, il en résulte qu'en adoptant la pesanteur spécifique de l'oxygène et de l'hydrogène, telle que l'ont déterminée ces chimistes, ainsi que le rapport des volumes dans la combinaison de ces gaz, et en admettant de plus, avec Saussure, qu'un pied cube d'air, à la température de 14°, contient à très-peu près

10 grains d'eau en dissolution, le rapport pondéral de l'oxygène à l'hydrogène, au lieu d'être de 85,662 à 14,338, serait de 87,31 à 12,59; différence bien remarquable, et qui doit avoir surtout une grande influence dans les analyses où il s'agit de déterminer le poids réel de l'hydrogène. La même considération s'applique aussi à la pesanteur spécifique des gaz, et principalement à celle de l'hydrogène dont environ la sixième partie est due à l'eau qu'il tient en dissolution, lorsque la température est, comme nous le supposons ici, de 14° Réaumur. Nous ne doutons donc pas que, si l'on avait du gaz hydrogène parfaitement sec et privé du gaz azote qui paraît l'accompagner très-souvent, on ne trouvât qu'il a une légèreté spécifique 15 fois au moins plus grande que celle de l'air atmosphérique.

Il nous reste encore, pour répondre à la dernière question que nous nous sommes proposée, à faire voir quelles sont les limites d'erreur de l'eudiomètre de Volta, et ensuite quelles sont les plus petites quantités d'oxygène ou d'hydrogène qu'on peut évaluer au moyen de cet instrument.

Les effets qu'on obtient avec l'eudiomètre de Volta étant instantanés sont indépendants du thermomètre et du baromètre. Sous ce rapport, il a sur le phosphore et les sulfures alcalins cette supériorité très-appréciable de donner des résultats comparables; mais ce n'est pas tout, il a encore l'avantage, commun aux autres moyens eudiométriques du même genre, de donner des multiples de la quantité à évaluer.

Comme dans cet instrument chaque centième d'oxygène est représenté par une absorption trois fois plus forte, l'erreur qu'on peut commettre ne porte que pour un tiers sur ce gaz, et maintenant surtout que nous avons des instruments très-exacts qui divisent la mesure en trois cents parties, on voit qu'en nous trompant même d'une division, la quantité d'oxygène peut être déterminée à près d'un millième de la quantité d'air analysé.

Si donc les résultats de la combustion du gaz hydrogène sont si comparables et compris dans des limites d'erreur si rapprochées, il est évident que l'on peut non-seulement trouver les légères différences qui existent entre deux airs atmosphériques, mais encore déterminer moins de trois millièmes d'oxygène qui se trouveraient perdus dans de l'azote ou du gaz hydrogène : mais dans ce cas, pour que l'inflammation pût avoir lieu, il faudrait ajouter une quantité donnée d'oxygène, dont on aurait déterminé l'absorption avec le gaz hydrogène par des expériences préliminaires, et alors l'excédant de la première absorption sur la deuxième serait attribué pour un tiers au gaz oxygène contenu dans l'air qu'on analyse.

Réciproquement, pour déterminer si un hydrogène est plus pur que tel autre, ou s'il s'en trouve de très-petites quantités dans un gaz ou dans l'air atmosphérique, il faudrait, pour le premier cas, mêler 100 parties de gaz hydrogène avec 100 d'oxygène ; les quantités d'hydrogène réel seraient en raison directe des absorptions. Mais si la proportion d'hydrogène

était très-petite, d'un demi-centième, par exemple, il faudrait, pour déterminer sa combustion, ajouter 100 parties de ce gaz à 200 de l'air qu'on veut analyser, et faire détoner le mélange avec une proportion suffisante d'oxygène. Par ce moyen, et avec l'habitude que nous possédons maintenant, nous avons pu retrouver trois millièmes de gaz hydrogène que nous avions mêlés avec de l'air atmosphérique.

On pourrait objecter contre l'eudiomètre de Volta que, l'hydrogène n'étant pas toujours identique, on peut être induit dans des erreurs difficiles à évaluer. Nous ferons observer d'abord qu'il est indifférent qu'il contienne de l'azote; mais s'il contenait de l'oxygène, cet oxygène se confondant avec la quantité qu'on veut évaluer altérerait les résultats. Pour éviter cet inconvénient, on peut commencer par faire détoner séparément 500 parties d'hydrogène avec 100 d'oxygène; par ce moyen, l'oxygène contenu dans l'hydrogène sera détruit, et on pourra dès lors employer l'hydrogène à l'analyse de l'air. Avec cette précaution, rien n'empêche de se servir d'un gaz fait aussi inexactement que possible. Il suffit qu'il soit retiré de l'eau par le moyen du zinc et de l'acide sulfurique ou de l'acide muriatique; car on sait que, si l'on se sert d'un autre métal tel que le fer, le gaz n'a plus la même pureté.

D'après toutes les expériences que nous avons rapportées, nous pouvions bien conclure que l'eudiomètre de Volta devait accuser tout l'oxygène contenu dans l'air atmosphérique; mais nous avons

voulu nous en assurer directement. Nous avons analysé un air composé de 20 parties d'oxygène très-pur et de 80 d'azote retiré de la décomposition de l'ammoniaque par l'acide muriatique oxygéné, en prenant toutes les précautions possibles pour qu'il ne fût pas mêlé d'air atmosphérique. 200 parties de cet air, enflammées avec 200 de gaz hydrogène, ont donné cinq absorptions, ne différant de la plus petite à la plus grande que de 5 millièmes, et dont la moyenne a été de 124,9. Ces 124,9 parties indiquent 41,6 d'oxygène, dont la moitié, 20,8, correspond à 100 de notre air factice. Nous trouvons donc 0,008 d'oxygène de plus que nous n'en avions mis ; ce qui semblerait indiquer que le rapport de 100 d'oxygène à 200 d'hydrogène est un peu trop grand ; mais nous ferons observer que notre azote, bien que fait soigneusement, luisait encore avec le phosphore, et que pour expliquer notre résultat, il suffit de supposer que l'azote contient un centième d'oxygène, ce qui est assez probable, si on fait attention que l'acide muriatique oxygéné se décompose très-promptement à la lumière.

On voit par ce que nous venons de dire que les résultats fournis par l'eudiomètre de Volta sont très-comparables, et que la limite de leurs différences peut être réduite, pour l'oxygène, à près d'un millième de l'air analysé. On voit encore qu'on peut évaluer de très-petites différences entre deux airs, ou de très-petites quantités d'hydrogène mêlées dans l'air atmosphérique. Indépendamment de la propriété qu'a cet instrument d'accuser toute la quan-

tité d'oxygène contenue dans un air, il est le seul avec lequel on puisse apprécier la proportion d'hydrogène contenue dans un mélange gazeux et, sous ce rapport, il aurait encore dû fixer l'attention des savants et eût mérité qu'on étudiât son mode d'action.

Ainsi l'illustre physicien Volta, qui a enrichi la physique des plus belles découvertes, aurait encore la gloire d'avoir fourni l'instrument le plus exact et le plus précieux pour les analyses chimiques.

Analyse de l'air atmosphérique par l'eudiomètre de Volta.

Après avoir prouvé que l'eudiomètre de Volta donne des résultats très-comparables, qu'il peut accuser toute la quantité d'oxygène contenue dans l'air, et qu'il a sur les autres moyens eudiométriques, où la substance absorbante est solide ou liquide, l'avantage de donner des multiples de la quantité d'oxygène à évaluer, nous allons en faire l'application à l'analyse de l'air. Si la proportion de 100 parties d'oxygène à 200 d'hydrogène que nous avons établie est rigoureuse, nous obtiendrons exactement le rapport de l'oxygène à l'azote; mais en supposant même que la quantité d'hydrogène fût trop grande ou trop petite de cinq unités, l'erreur n'irait pas à plus de 3 millièmes de l'air analysé, et nous aurions encore l'avantage d'avoir une plus grande précision qu'avec les autres moyens eudiométriques connus.

L'air atmosphérique que nous avons analysé a été pris sur le milieu de la Seine par des temps froids, tempérés et pluvieux, et par des vents différents. Pour mettre une plus grande parité dans les circonstances, et mieux apprécier les différences dans la nature de l'air, s'il devait s'en trouver, nous avons analysé le même jour les diverses portions d'air que nous avions recueillies à des heures différentes et que nous avions conservées dans des vases de verre bien fermés et renversés sur l'eau. Pour abréger, nous avons rassemblé dans le tableau qui est à la fin de ce Mémoire, les absorptions provenant de l'inflammation de 200 parties d'air et 200 de gaz hydrogène, et nous avons en même temps indiqué les quantités d'oxygène correspondantes.

On y voit d'abord que, d'après toutes nos expériences, il n'y a pas de variations de plus d'un millième dans la quantité d'oxygène que contient l'air, bien que celui que nous avons analysé, ayant été recueilli par des vents différents, provînt de pays très-éloignés; et, en second lieu, que le rapport en volume de l'oxygène aux autres gaz qui se trouvent dans l'air, est de 21 à 79. Le premier résultat, que l'air ne varie pas dans sa composition, est rigoureusement exact, parce qu'il est indépendant de la proportion du gaz hydrogène et du gaz oxygène qui constituent l'eau; et quant au deuxième résultat, que l'air atmosphérique contient 21 centièmes d'oxygène, il doit aussi s'écarter très-peu de la réalité, parce qu'en supposant que la quantité d'hydrogène nécessaire pour saturer

100 parties d'oxygène fût de 5 parties plus grande ou plus petite que celle que nous avons assignée (et nous avons lieu de croire notre chiffre exact à beaucoup moins), l'erreur sur la proportion d'oxygène que nous avons trouvée dans l'air, n'irait pas, comme nous l'avons déjà fait observer, à plus de 3 millièmes de l'air analysé.

Mais beaucoup de phénomènes météoriques pouvant être rapportés à des inflammations de gaz hydrogène, on a tenté de les expliquer en admettant l'existence de ce gaz dans l'atmosphère. Nous avons donc cru très-intéressant de rechercher si l'air contenait en réalité du gaz hydrogène; et pour le découvrir plus aisément, nous avons fait un mélange gazeux, dans lequel nous étions sûrs qu'il n'y en avait point, et nous avons analysé les deux airs comparativement. Notre mélange était formé de 20 parties d'oxygène et de 80 parties d'azote, retiré de l'ammoniaque par le moyen de l'acide muriatique oxygéné. Nous avons fait détoner 500 parties de chacun des deux airs avec 100 d'hydrogène, et le résultat de six expériences faites avec l'air atmosphérique a été exactement le même que celui de six autres faites avec l'air factice. Or, comme on a vu plus haut que nous pouvions apprécier moins de 3 millièmes d'hydrogène, il faut conclure que l'atmosphère ne contient aucune partie de ce gaz, ou qu'elle en contient moins de 3 millièmes. On ne peut cependant douter qu'il n'y ait un peu d'hydrogène dans l'air; il s'en dégage tous les jours des marais,

mais ce gaz peut être en assez petite quantité pour échapper à tous nos moyens, d'un millième, par exemple. On serait tenté de croire la proportion d'acide carbonique qui s'y trouve beaucoup plus forte, en considérant l'abondance des sources qui le fournissent ; cependant si cet acide ne formait des combinaisons insolubles avec la chaux ou la baryte, et si l'on était réduit, pour en connaître l'existence, à en déterminer le volume, on serait peut-être encore à savoir que l'air en contient. L'acide carbonique, il est vrai, ne peut pas s'accumuler dans l'atmosphère, parce que la végétation le décompose : mais est-il prouvé qu'il n'y ait pas de causes qui rendent l'hydrogène à la terre et l'empêchent aussi par là de s'accumuler dans l'air.

Pour tirer une conclusion des expériences précédentes, nous dirons, 1° que l'atmosphère ne varie pas généralement dans sa composition ; 2° que la quantité d'oxygène qu'elle contient est de 21 centièmes ; 3° qu'elle ne contient pas une quantité appréciable d'hydrogène.

Cette identité de composition dans laquelle se maintiennent constamment les principes de l'atmosphère et cette absence d'hydrogène, constatée par nos expériences, doivent rassurer le géomètre sur la théorie des réfractions. La force réfractive des différents gaz étant différente, et celle de l'hydrogène étant plus forte que celle de l'oxygène et de l'azote, la théorie des réfractions, qui ne se fonde que sur les variations du baromètre et du thermomètre, serait très-imparfaite si l'atmosphère chan-

geait dans ses principes constituants ; heureusement il est facile de prouver que ces changements n'ont pas lieu d'une manière sensible, et que le gaz hydrogène, dont la force réfractive est très-puissante, ne s'y trouve pas en quantité supérieure à 0,003, du moins jusqu'aux plus grandes hauteurs auxquelles on soit parvenu. Le géomètre n'aura donc à considérer dans la théorie des réfractions que le baromètre, le thermomètre et l'hygromètre.

Un peu de réflexion suffit en effet pour nous convaincre que l'atmosphère ne doit pas varier sensiblement dans l'espace de quelques années et, à plus forte raison, de quelques jours, à moins qu'on ne veuille parler de variations locales très-particulières. Car par quel prodige l'atmosphère pourrait-elle changer en si peu de temps et revenir subitement à son premier état? Comment concevoir une cause assez puissante pour modifier d'un jour à l'autre la proportion d'oxygène d'un millième seulement, à moins de supposer qu'il y ait un pouvoir électrique ou magnétique, ou tout autre aussi imaginaire, qui puisse transformer, par des influences inconnues, l'oxygène en azote, et réciproquement? Il est possible cependant que l'atmosphère varie très-lentement, soit dans la proportion de ses principes, soit dans son poids; et ces variations, si insensibles qu'elles soient, n'en doivent pas moins fixer l'attention des physiciens.

S'il est bien prouvé maintenant qu'en général la composition de l'atmosphère ne varie pas, il faut chercher la raison des différences qu'on a cru y apercevoir dans

les circonstances locales où on l'a analysée. Il est possible que la présence des volcans sur les hautes montagnes, des fermentations particulières, les eaux croupissantes d'un marais ou d'un lac, altèrent un peu la pureté de l'atmosphère qui les touche, soit en lui enlevant de l'oxygène, soit en laissant se dégager au milieu d'elle des fluides élastiques non respirables ; mais on comprend combien peu doit être diminuée la proportion d'oxygène dans une si grande masse d'air continuellement agité, quand on considère que, dans des lieux où est rassemblé un grand nombre d'individus, et dans ceux où il semble qu'il y ait un foyer d'infection, l'air n'éprouve encore que des variations très-peu sensibles. Nous avons analysé deux portions d'air, dont l'une avait été prise au milieu du parterre du Théâtre français, un instant avant qu'on levât la toile pour jouer la deuxième pièce, trois heures et demie après la réunion d'un grand nombre de spectateurs, et dont l'autre avait été prise trois minutes après la fin du spectacle, dans la partie la plus élevée de la salle. Ces deux portions ont à peine troublé l'eau de chaux ; l'air atmosphérique extérieur indiquant 0,210 d'oxygène, l'air du parterre en a indiqué 0,202, et celui du haut de la salle 0,204.

Analyse de l'air atmosphérique.	Analyse de l'air du parterre.	Analyse de l'air du haut de la salle.
200 air atmosphérique.	200 air.	200 air.
200 hydrogène.	200 hydrogène.	200 hydrogène.
126 volume absorbé.	121,5 volume absorbé.	122,5 volume absorbé.
21 gaz oxyg. p. 100 d'air.	20,2 oxyg. p. 100 d'air.	20,4 oxyg. p. 100 d'air.

M. Séguin a aussi analysé l'air des salles d'hôpitaux, qu'il avait fait tenir exactement fermées pendant 12 heures, et il l'a trouvé à peu près aussi pur que l'air atmosphérique, quoiqu'il eût une odeur infecte.

Si donc, même dans les circonstances les plus favorables pour l'absorption de l'oxygène, l'air n'en perd pas un centième, on ne peut expliquer par là les anxiétés qu'on éprouve dans des lieux fermés et remplis d'individus, non plus que les maladies particulières aux lacs et aux marais, ou à certains pays. Dans quelques circonstances elles seront produites par des émanations qui échappent à tous nos moyens eudiométriques et qui agissent d'une manière particulière sur notre corps. C'est ainsi qu'une bulle de gaz hydrogène sulfuré ou de gaz muriatique oxygéné, une émanation putride, une fleur même, peuvent par leur odeur remplir un espace immense, et étonner notre imagination par leur extrême subtilité, alors même que nous sommes près de succomber à leur action. Les miasmes pestilentiels, tout mortels qu'ils sont, peuvent être également subtils et échapper aussi à tous nos moyens d'analyse. Heureusement, s'il ne nous est pas donné de saisir ces êtres atomiques et d'en déterminer la nature, nous pouvons du moins, grâce aux travaux si bienfaisants de Guyton, détruire leur action funeste. Mais, dans d'autres circonstances, les maladies peuvent être produites par l'humidité de l'air, par sa température, par son état électrique, ou en général par l'état de

l'atmosphère relativement aux dispositions où l'on se trouve; et dans ces cas, très-fréquents peut-être, la maladie est capable de faire de grands ravages, sans qu'on réussisse à en arrêter les progrès. Il serait donc illusoire d'attribuer tout à une cause, quand la santé de l'homme dépend du concours de toutes les influences qui agissent sur lui.

Mais résumons maintenant les principaux faits contenus dans cette première partie de notre Mémoire et rappelons quelques-unes des explications que nous avons présentées, si toutefois il nous est permis de les regarder comme l'expression de la vérité.

La dissolution d'un sulfure alcalin, lorsqu'elle est faite à froid, n'absorbe point l'azote, et elle peut être employée avantageusement à l'analyse de l'air; lorsqu'elle est faite à chaud, elle l'absorbe et indique dans l'air une plus grande diminution de volume que celle qui est due à l'absorption de l'oxygène. C'est à l'eau seule et non au sulfure qu'il faut attribuer cette propriété.

Il y a des proportions d'oxygène et d'hydrogène telles que la combustion produite par l'étincelle électrique peut être complète; il y en a d'autres avec lesquelles la combustion s'arrête avant d'être achevée; d'autres, enfin, avec lesquelles elle ne peut du tout avoir lieu. Ce dernier phénomène paraît tenir à ce que la température nécessaire pour la combustion n'est pas assez élevée, et non à l'affinité mutuelle des gaz; car dans tous les cas où la com-

bustion n'est pas complète, il suffit d'élever artificiellement la température pour l'achever. Lorsque l'hydrogène et l'oxygène ne sont pas entièrement absorbés, on les retrouve dans les résidus, ce qui prouve qu'ils n'ont pas formé de nouvelles combinaisons.

Quand on ne peut enflammer un mélange gazeux où se trouvent de l'oxygène et de l'hydrogène, il suffit d'augmenter la proportion de ces deux gaz. Les phénomènes météoriques ne peuvent être le résultat de l'inflammation du gaz hydrogène, puisque, même dans un air qui ne serait que de l'oxygène pur, il en faudrait plus de 6 centièmes pour que la combustion eût lieu, et encore ne serait-elle que partielle. L'électricité paraît agir dans l'inflammation du gaz oxygène et du gaz hydrogène par la chaleur due à la compression qu'elle exerce en traversant leur mélange. Ces deux gaz, en se combinant, forment de l'eau qui est de nature constante. Si les phénomènes galvaniques paraissent prouver que l'eau est susceptible de s'oxygéner et de s'hydrogéner, ils peuvent s'expliquer également sans cette hypothèse.

100 parties en volume d'oxygène demandent pour se saturer 200 parties d'hydrogène. Cette proportion est indépendante des changements de température et d'humidité, tandis que celle que l'on détermine d'après les poids varie dans ces différentes circonstances, parce que les deux gaz ne portent pas dans la combinaison des quantités d'eau qui soient entre elles comme leurs poids; d'où il ré-

sulte la nécessité de modifier la proportion des parties constitutives de l'eau. L'eudiomètre de Volta peut accuser toute la quantité d'oxygène contenue dans un volume déterminé d'air, à un millième près de ce volume, et donne des résultats très-comparables. Dans l'état actuel de nos connaissances, il est le moyen eudiométrique le plus exact : non-seulement, en effet, il peut accuser de très-petites quantités d'oxygène ou d'hydrogène, et faire connaître la pureté de ce dernier gaz; mais il a encore l'avantage de donner des multiples de la quantité à évaluer. Il a donc, sous tous ces rapports, une supériorité très-marquée sur les autres moyens eudiométriques. L'atmosphère ne contient que 0,21 en volume d'oxygène, et elle ne varie pas dans sa composition. Elle ne contient pas d'hydrogène ou, si elle en contient, c'est une quantité moindre de 0,003.

De la nature de l'air retiré de l'eau et de l'action de l'eau sur les gaz purs et mélangés.

Nous avons examiné jusqu'ici les moyens eudiométriques qui conduisent à l'analyse exacte de l'air. Nous nous serions bornés sans doute à énoncer les faits principaux auxquels le commencement de notre travail nous a amenés, si nous ne nous étions pas aperçus dans le courant de ces expériences, et surtout dans celles qui ont eu pour objet les sulfures, que l'eau et d'autres liquides exercent sur l'air une action susceptible de devenir une cause d'erreur d'au-

tant plus importante qu'elle a été peu appréciée jusqu'à ce jour. Nous devrions donc craindre de laisser notre travail plus imparfait encore qu'il ne l'est déjà, si nous n'avions dirigé nos recherches vers cette action de l'eau sur les gaz purs et mélangés qu'on lui présente. C'est par les expériences faites de ce point de vue que nous allons terminer ce Mémoire.

Il est généralement connu que l'eau peut tenir de l'air en dissolution. Boyle, Huygens et Mairan ont discuté ce fait; mais ils n'avaient aucun moyen de reconnaître que cet air dissous diffère chimiquement de l'air atmosphérique. Le célèbre Priestley a, le premier, observé que l'air retiré des eaux contient plus d'oxygène que l'air commun. Hassenfratz a annoncé depuis que l'eau de pluie dégage un air dans lequel il se trouve près de 40 centièmes d'oxygène; Ingenhouss et Breda, dans leurs expériences sur le gaz nitreux, avaient été conduits à des résultats analogues.

Mais outre ce fait, constaté aujourd'hui, que l'air contenu dans l'eau est plus pur que l'air atmosphérique, on a annoncé que l'eau absorbe plus abondamment et plus facilement le gaz oxygène que l'azote. Fourcroy cite même un phénomène curieux, mais que lui-même ne croit pas suffisamment vérifié, à savoir, que l'eau chargée de gaz oxygène absorbe le gaz hydrogène, sur lequel l'eau ordinaire n'a presque aucune action. Nous verrons plus bas comment l'action que produit l'eau sur tel ou tel gaz, est modifiée par la nature de l'air qu'elle tient déjà en dissolution.

Henry, dans un Mémoire récemment publié en Angleterre, a examiné l'absorption de différents gaz par l'eau privée d'air. Il a opéré ces absorptions sous la pression de deux ou trois atmosphères ; mais il n'a pas traité du mélange de différents gaz et de l'affinité qu'a l'eau pour ces mélanges ; il se borne à examiner la quantité absorbée selon la différence de température et de pression barométrique, sans avoir dirigé ses recherches sur l'action de l'eau déjà saturée d'autres gaz.

Nous avons cru ne pas devoir négliger un objet aussi intimement lié aux travaux eudiométriques, et dont les chimistes paraissent s'être peu occupés jusqu'à ce jour. Nous avons examiné le degré d'affinité par lequel l'oxygène dissous dans l'eau y est retenu en raison de la température et des sels qu'elle peut contenir. Nous avons mis en contact avec l'eau d'égales quantités de gaz seuls et mélangés, et nous avons observé les changements qu'éprouvent ces mélanges dans leur composition chimique. Enfin nous avons commencé à examiner un problème très-important pour la météorologie, à savoir, si les eaux de pluie tiennent de l'hydrogène en dissolution.

Toutes ces recherches auxquelles nous continuerons de nous livrer durant le cours de cette année, et surtout dans les montagnes que nous allons parcourir, ne sont point encore très-avancées, et nous nous bornerons à présenter quelques faits principaux, qui, nous nous en flattons, ne sont pas dépourvus de tout intérêt pour les physiciens.

En mêlant toute la masse d'air que donne l'eau par l'ébullition, sans séparer les portions qui se dégagent les premières de celles qu'elle abandonne à la fin de l'opération, nous avons trouvé, à l'aide de l'eudiomètre de Volta, que l'eau distillée, qui a repris de l'air atmosphérique, donne un air contenant :

	32,8 d'oxygène sur 100 parties.
L'eau de la Seine. .	31,9
L'eau de pluie. . .	31,0

Il résulte de ces expériences que de ces trois eaux on peut retirer un air à peu près également riche en oxygène, et de 10 centièmes plus pur que l'air atmosphérique. Cette quantité d'oxygène est plus variable dans les eaux de puits, qui, à l'intérieur de la terre, se trouvent en contact avec des substances ayant de l'affinité avec l'oxygène. L'eau de la Seine, recueillie à une autre époque, ne nous a fourni qu'un air à 29,1 d'oxygène, air un peu moins pur que celui de l'eau de pluie.

Si l'eau distillée qui a repris de l'air, l'eau de pluie et celle des rivières dégagent un air dont la totalité est de beaucoup plus pure que l'air atmosphérique, il est fort intéressant aussi d'examiner la nature des mélanges gazeux que donne l'eau chauffée graduellement. Ce sont là des expériences dans lesquelles la grande affinité de l'oxygène pour ce liquide se montre dans tout son jour. Nous avons échauffé graduellement l'eau de la Seine jusqu'au terme de l'ébullition, et nous avons recueilli l'air qui se dégage par por-

tions successives, mais inégales. Nous avons pris 200 parties de chacune de ces portions, et les ayant fait détonner avec 200 parties de gaz hydrogène, nous en avons obtenu les résultats suivants :

Portions d'air selon l'ordre de leur dégagement.	Absorption.	Gaz oxygène contenu dans 100 parties de l'air dégagé.
Première. . .	142,0	23,7
Deuxième. . .	164,5	27,4
Troisième. . .	185,0	30,2
Quatrième. . .	195,0	32,5

Ces expériences, répétées plusieurs fois, prouvent que l'eau abandonne d'abord un air dont la pureté est de peu supérieure à celle de l'air atmosphérique ; que la pureté de cet air ou le dégagement de l'oxygène va ensuite en croissant, et que les dernières portions gazeuses que sépare la chaleur sont les plus riches en oxygène. En répétant cette expérience sur de l'eau de neige, les premières portions d'air ont été à 24,0 ; les dernières à 34,8 d'oxygène. Peut-être en chauffant la masse d'eau plus lentement encore, et en séparant avec beaucoup de soin la petite portion d'air qui passe la première, aurait-on, au commencement de l'opération, un air moins pur encore que celui que nous avons obtenu.

L'eau n'exerce donc pas une action uniforme sur l'oxygène et sur l'azote, et l'élévation de la température affaiblit moins la première de ces actions que la dernière. Il est même probable que la portion d'air qui se dégage vers la fin de l'opération contiendrait plus de 32 ou 34 pour cent d'oxygène, si l'eau ren-

fermée dans le vase qui reçoit le mélange gazeux ne commençait pas à s'échauffer, et à dégager un air qui n'est qu'à 23 pour cent d'oxygène. Ce dégagement a surtout lieu lorsque la vapeur aqueuse commence à passer, et la diminution dans la pureté de l'air expulsé le dernier, ainsi que l'inégalité de volume des quatre portions séparées, est ce qui explique comment toute la masse d'air retiré à la fois contient jusqu'à 31 centièmes d'oxygène.

Cette action inégale de l'eau sur l'oxygène et sur l'azote se manifeste encore dans la dissolution des sels. Nous avions observé que l'eau de la Seine pure donnait, par l'ébullition, près de la moitié de l'air de plus que la même eau chargée de muriate de soude. La cause de cette différence consiste dans la quantité d'air considérable qui se dégage déjà à froid, pendant que s'opère la dissolution du sel. Cet air, exactement analysé, ne manifestait que 22,5 d'oxygène, tandis que l'air retiré par l'ébullition de l'eau chargée de muriate de soude, en contenait 30,5. Il en résulte que l'eau, en dissolvant le sel, abandonne une partie de l'air qu'elle tient en dissolution, mais que cette partie contient de l'oxygène en moindre proportion que celle qu'elle retient.

La condensation qu'éprouve l'eau, en passant de l'état liquide à l'état solide, nous présente une troisième classe de phénomènes analogues à ceux que nous venons d'énoncer. La glace fondue donne une quantité d'air qui ne dépasse pas la moitié environ de celui que l'on retire de l'eau ordinaire, et il est à

remarquer qu'elle ne commence à le laisser se dégager que quand sa température est déjà montée au delà du soixantième degré du thermomètre centigrade. L'air obtenu, divisé en deux portions inégales, a manifesté dans l'eudiomètre de Volta 27,5 et 33,5 d'oxygène. L'air le plus pur a donc encore été dégagé le dernier.

La petite quantité et la grande pureté de l'air dégagé de la glace fondue, prouvent que l'eau, en passant à l'état solide, abandonne une grande partie de son air, et que cette partie, dégagée pendant la congélation, est un air beaucoup moins pur que celui qu'elle retient. C'est ainsi que trois phénomènes, qui paraissent différents au premier coup d'œil : l'eau élevée à une température de 35 à 40° centigrades, l'eau dissolvant des sels à froid, et l'eau pure se condensant en glace, présentent des résultats entièrement semblables dans leur action sur l'oxygène et sur l'azote. Une température médiocre agit comme la dissolution d'un sel, et celle-ci comme le passage de l'état liquide à l'état solide. L'eau, dans ces trois états, dégage un air moins pur que celui qu'elle tient en dissolution.

C'est un phénomène bien frappant, que la condensation de l'eau à l'état de neige en chasse moins d'air que la formation de la glace. Nous avons fait fondre de la neige fraîchement tombée, et en l'échauffant graduellement, nous avons obtenu un volume d'air presque double de celui que fournit la glace fondue. L'eau de neige a même donné presque autant d'air que l'eau de Seine; car l'ébullition avait dégagé de

l'eau de Seine 1940 mesures d'air, et le même volume d'eau de neige en a fourni 1892. Ces 1892 parties, recueillies en 5 portions, selon l'époque à laquelle la chaleur les a expulsées, ont manifesté successivement, dans l'eudiomètre de Volta :

Première portion. . . .	24,0	d'oxygène.
Deuxième.	26,8	
Troisième.	29,6	
Quatrième.	32,0	
Cinquième.	34,8	

Cette dernière portion est l'air le plus pur que nous ayons jamais retiré d'aucune eau.

Les volumes de chaque portion étant connus, le calcul donne, pour la pureté de l'air considéré en sa totalité, 28,7 d'oxygène. L'eau de la Seine fournissait le même jour un air qui était de 4/1000 plus impur. D'ailleurs les deux eaux, celle de la neige fondue et celle de la rivière, donnent un volume d'air qui égale à peu près 1/25 du leur.

Ces expériences sur l'eau de neige et sur la glace fondue, que nous comptons varier beaucoup dans la suite, fournissent matière à des considérations assez frappantes pour l'étude de la météorologie. La neige n'est qu'un agrégat de petits cristaux de glace qui se forment dans les hautes régions de l'atmosphère, et cependant ces petits cristaux fondus donnent un volume d'air presque double de celui que donne la glace qui s'est formée sur nos rivières. Il faudrait en conclure que, lorsque l'eau dissoute dans l'air se condense en neige,

elle n'expulse pas cette grande portion d'air qu'elle dégage en se congelant à la surface de la terre, s'il n'était permis de soupçonner que la neige retient entre ses petits cristaux une certaine quantité d'air qu'elle absorbe en se fondant ; car il paraît que c'est principalement au moment de sa congélation que l'eau abandonne la plus grande partie de son air.

La belle végétation qui entoure les glaciers, le développement rapide des plantes lorsque la neige se fond au printemps, et plusieurs phénomènes que l'on a cru observer dans l'agriculture et le blanchiment, ont fait soupçonner que les eaux de glace, de neige et de pluie, produisaient des effets particuliers par la grande quantité d'oxygène dissous qu'elles dégageaient. Les expériences que nous avons faites jusqu'ici ne paraissent pas favorables à ces conjectures. Il existe sans doute des puits dont l'eau contient un air inférieur en pureté à celle de l'air atmosphérique, et nous ne doutons pas que ces eaux de puits, chargées en outre de sels et d'acide carbonique, ne doivent avoir sur la végétation et le blanchiment une action très-différente de celle de l'eau de neige. Mais il est difficile d'expliquer les différences que produit l'eau distillée exposée à l'air, l'eau de pluie, l'eau de neige et l'eau de la Seine, par l'oxygène dissous, quand on se rappelle que toutes ces eaux contiennent un air à peu près également pur, et qu'elles le contiennent presque en égale abondance. Les phénomènes de la végétation, comme ceux de la météorologie, sont si compliqués ; ils dé-

pendent de la réunion d'un si grand nombre de causes à la fois, qu'il faut bien se garder d'attribuer à une seule ce qui est l'effet de plusieurs.

Les expériences que nous avons rapportées sur la force avec laquelle les dernières parties d'oxygène dissous sont retenues dans l'eau, éclairent d'un nouveau jour l'état de l'air dans les liquides. La pesanteur spécifique de l'eau distillée et de celle qui est chargée d'air étant sensiblement la même, Mairan en avait conclu avec raison que cet air ne pouvait pas être logé à l'état élastique dans les fluides. Les phénomènes chimiques viennent à l'appui de cette conclusion. Si l'eau dépourvue de son air par la distillation ou la pompe pneumatique pouvait être considérée comme une éponge dont les pores sont vides, comment ces pores ne se rempliraient-ils pas, au premier contact avec l'air? Mais cette dissolution de l'air dans l'eau ne peut être envisagée que comme l'effet d'une affinité chimique. Pourquoi en effet, sans cette affinité, l'absorption des gaz par l'eau dépourvue d'air serait-elle si lente, et pourquoi surtout l'eau dissoudrait-elle plutôt un gaz qu'un autre? Pourquoi, comme nous le verrons plus bas, l'eau chargée d'un air en abandonnerait-elle une partie pour en recevoir un autre d'une nature différente?

Après avoir examiné l'air qu'on peut retirer de l'eau dans diverses circonstances, nous finirons notre mémoire par l'énoncé des expériences que nous avons faites en mettant des gaz seuls ou mélangés en contact avec l'eau. Il est connu depuis longtemps

que le gaz oxygène laissé sur l'eau devient impur; mais il s'agissait d'examiner l'ensemble des phénomènes que présentent les différents gaz dans leur action sur l'eau. Les gaz que nous avons employés étaient exactement du même volume, et la quantité d'eau de Seine filtrée était à peu près égale. Après un espace de 6 à 8 jours, nous n'avons pas seulement mesuré la quantité des volumes absorbés, mais nous avons aussi analysé les résidus. Cette analyse était d'autant plus nécessaire que souvent on pourrait être tenté de conclure d'un très-petit changement dans le volume du gaz mis en contact avec l'eau que l'eau n'a pas eu d'action sensible sur ce gaz, quand la nature du résidu annonce que cette action a été très-forte, mais masquée par la quantité d'air sortie de l'eau en échange de celui qui a été absorbé.

De tous les gaz l'oxygène est celui dont l'absorption par l'eau de la Seine est le plus considérable. En mettant en contact avec cette eau déjà chargée d'air 100 parties de gaz oxygène, 100 d'azote et 100 d'hydrogène, le gaz oxygène a diminué de 40 parties, quand les deux autres n'ont perdu que 5 et 8 parties. Mais l'absorption réelle du gaz oxygène est bien plus considérable encore que ne l'indique sa diminution apparente. Les 60 parties de résidu, au lieu d'être de l'oxygène pur, contenaient 37 parties d'azote, et seulement 24 d'oxygène; de sorte que les 100 parties de gaz oxygène employé avaient perdu sur l'eau de la Seine 77 parties qui avaient expulsé 37 parties d'azote. C'est ainsi qu'une eau de rivière exposée long-

temps à l'atmosphère, et que l'on devrait pouvoir regarder comme saturée d'air, absorbe une grande quantité d'oxygène pur lorsqu'on lui en présente. Elle le prend sans abandonner une portion d'azote égale en volume à l'oxygène absorbé.

L'action de l'eau sur le volume du gaz hydrogène paraît presque nulle. L'inégalité des résultats que nous avons obtenus nous empêche de prononcer sur les petits changements qu'il peut subir pendant ce contact.

Le volume du gaz azote pur diminue sur l'eau de 2 à 3 centièmes; mais le résidu n'est plus de l'azote pur : nous y avons découvert 11 parties d'oxygène qui ont été déplacées de l'eau par 14 parties d'azote. Donc l'azote déloge l'oxygène de l'eau, comme l'oxygène déloge l'azote. L'action est analogue, mais les quantités absorbées et délogées sont différentes.

Le contact de l'eau de rivière avec un mélange de gaz hydrogène et oxygène a été examiné dans des circonstances diverses. Tantôt nous avons mêlé les deux gaz à parties égales, tantôt nous avons fait prédominer l'un des deux. Le volume des gaz subit une diminution plus grande quand l'oxygène domine, c'est-à-dire quand on expose à l'eau un mélange de 200 parties d'oxygène et de 100 parties d'hydrogène. Dans toutes ces expériences, l'azote est encore délogé de l'eau. En analysant le résidu d'un mélange à parties égales d'oxygène et d'hydrogène, nous y avons reconnu, sur 100 parties, 20 parties d'azote, 50 d'hydrogène et 30 d'oxygène. Plus l'absorption de l'oxy-

gène a été grande, et plus nous avons trouvé d'azote délogé. En mêlant 400 parties d'oxygène à 200 d'hydrogène, ce volume a été réduit sur l'eau de Seine, en dix jours de temps, de 600 parties à 562. Si ce résidu n'avait éprouvé aucun changement chimique dans ses proportions, si aucun autre gaz n'avait été délogé, il devrait contenir 375 parties d'oxygène et 187 d'hydrogène : mais l'analyse nous y a fait reconnaître 246 parties d'azote, 142 d'hydrogène et 174 d'oxygène.

Ces expériences prouvent que l'hydrogène qui, seul en contact avec l'eau, n'en est pas sensiblement absorbé, y est dissous, et même dans une proportion assez considérable, lorsqu'on le mêle avec de l'oxygène. Il se présente à ce sujet une question très-importante pour la physique, savoir, si cet hydrogène absorbé par l'eau y existe comme hydrogène, ou s'il s'y combine avec l'oxygène dissous pour former de l'eau. Nous avons tenté de résoudre cette question, en laissant un mélange d'hydrogène et d'oxygène en contact avec de l'eau, que l'ébullition avait récemment dépourvue de tout air. Après douze jours de temps nous avons distillé cette eau, et en analysant l'air qu'elle dégageait, nous y avons reconnu de l'hydrogène en telle abondance, que nous avons pu l'enflammer dans l'eudiomètre de Volta, sans y ajouter aucun autre gaz. Cette expérience prouve sans doute que l'hydrogène absorbé se retrouve dans l'eau ; mais cette eau en rendrait-elle la même quantité qu'elle a absorbée? Cet hydrogène dissous dans

l'eau ne s'unirait-il point à l'oxygène, si on l'y laissait logé pendant plusieurs mois? Nous nous sommes proposé de faire une longue suite d'expériences sur cet objet. Si l'hydrogène et l'oxygène contenus dans l'eau pouvaient s'y combiner, on concevrait plus aisément comment le gaz hydrogène qui s'élève de la surface de la terre ne se découvre, ni dans l'air qui nous entoure, ni dans les hautes régions de l'atmosphère auxquelles nous nous sommes élevés. Nous devons rappeler à ce sujet qu'ayant examiné soigneusement l'eau de pluie pour y découvrir de l'hydrogène, nous nous sommes assurés que l'air dégagé de cette eau n'en contenait pas, ou en contenait moins de 3/1000. Nous répéterons ces expériences sur les pluies des différentes saisons, particulièrement sur les pluies d'orages.

L'eau de rivière en contact avec des mélanges de gaz a généralement moins agi sur les mélanges d'oxygène et d'azote que sur ceux d'oxygène et d'hydrogène. Ce résultat est moins surprenant, si l'on jette un coup d'œil sur l'ensemble de ces phénomènes.

On y découvre que l'eau a une tendance continuelle à se mettre en état d'équilibre avec les gaz qu'on lui présente. Si on lui offre de l'oxygène, elle abandonne de l'azote; la met-on en contact avec de l'azote, elle dégage de l'oxygène; lui présente-t-on un mélange d'oxygène et d'hydrogène, elle absorbe une partie de ces deux gaz, et les remplace par de l'azote. Partout elle tend à modifier les proportions de l'air qu'elle tient en dissolution, d'après la nature

du gaz qu'on lui présente. Or l'eau de la Seine étant déjà chargée d'un mélange d'azote et d'oxygène, il paraît naturel qu'elle ait plus d'action sur un mélange d'hydrogène et d'oxygène que sur le mélange de l'azote et de l'oxygène, qui est analogue à l'air qu'elle tient en dissolution. Pour bien juger de ces phénomènes, nous ferons des expériences avec de l'eau récemment privée d'air, en la chargeant de différents gaz seuls et mélangés, et en examinant l'action de cette eau après un long espace de temps : car souvent ce n'est que dans un long repos que la nature peut vaincre les obstacles qui s'opposent au jeu des affinités.

Nous nous arrêtons ici dans l'exposé des recherches dont nous nous sommes occupés durant ces derniers mois. Plus le champ que nous nous proposons de parcourir est étendu, plus nous sentons combien est imparfait le travail que nous présentons aujourd'hui : mais ce sentiment, loin de nous décourager, ne fera que redoubler notre zèle pour interroger la nature, et approfondir les recherches que nous venons de présenter.

TABLEAU présentant les résultats de l'analyse de l'air.

Jours auxquels l'air a été recueilli.	Température exprimée en degrés du thermomètre centigrade.	ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE.	Absorption provenant de l'inflammation de 200 d'air et 200 d'hydrogène.	Quantité d'oxygène contenue dans 100 d'air.
17 nov.	7°,3	Ciel couvert; vent d'est	126,0 126,0	21,0 21,0
18 —	4 ,5	Ciel couvert; vent est-sud-est.	126,0 126,0	21,0 21,0
19 —	4 ,7	Pluie fine; vent sud-ouest très-fort. . .	126,0 126,0	21,0 21,0
20 —	10 ,0	Pluie fine; vent sud.	126,0 126,5	21,0 21,1
21 —	12 ,5	Ciel couvert; vent sud-ouest.	126,8 126,0	21,2 21,0
22 —	6 ,7	Ciel nuageux, petite pluie; vent sud-ouest.	126,0 126,0	21,0 21,0
23 —	1 ,5	Ciel nuageux; vent ouest.	126,0 126,0	21,0 21,0
24 —	8 ,5	Pluie; vent sud	126,3 126,5	21,0 21,1
25 —	10 ,6	Ciel couvert; vent sud-ouest.	126,2 126,5	21,0 21,1
26 —	3 ,3	Ciel nuageux; vent est.	126,5 126,0	21,1 21,0
27 —	— 1 ,6	Gelée blanche; vent nord.	126,0	21,0
28 —	— 1 3	Neige; vent nord.	126,5	21,1
1 déc.	— 4 ,1	Brouillard; vent nord-nord-est.	126,0	21,0
3 —	— 2 ,3	Ciel nuageux; vapeurs; vent est	125,5	20,9
5 —	4 ,2	Pluie; vent sud.	126,0	21,0
7 —	3 ,1	Brouillard épais.	126,0	21,0
19 —	9 ,6	Pluie; vent sud-sud-ouest.	126,0	21,0
13 —	— 2 ,2	Ciel couvert; vent nord-est.	126,0	21,0
23 —	1 ,0	Verglas, brouillard épais; vent sud-est.	126,0	21,0

X

SUR

L'ACCROISSEMENT NOCTURNE DE L'INTENSITÉ DU SON.

(1820)

Il y a des phénomènes naturels qu'on peut soumettre à des mesures précises et à des expériences directes; il y en a d'autres, enveloppés de circonstances étrangères et modifiés à la fois par un grand nombre de causes perturbatrices, dont on ne peut trouver l'explication qu'en suivant la voie du raisonnement et de l'analogie. Je citerai, comme exemples de la première classe de phénomènes, l'intensité des forces magnétiques décroissant du pôle vers l'équateur; les inflexions du rayon lumineux qui produisent le mirage; les variations de la température de l'air, et son état d'électricité résineuse ou vitrée, dans les couches plus ou moins éloignées du sol. La seconde classe de phénomènes comprend tout ce qui a rapport à l'insalubrité de l'atmosphère, et se passe dans les régions les plus élevées et les plus inaccessibles de l'air : la formation des nuages et de la grêle; la permanence de la vapeur vésiculaire par

que les rapports d'intensité sous une même pression barométrique ; je ne compare pas l'intensité absolue à différentes hauteurs, mais la différence entre l'intensité nocturne et diurne, soit sur les plateaux, soit dans les plaines. Les variations d'intensité absolue, observées à différentes hauteurs dans l'atmosphère, sont un problème résolu depuis longtemps par la théorie mathématique du son. Poisson est même parvenu à ce résultat remarquable, que l'intensité du son de haut en bas ou de bas en haut, verticalement ou sur des rayons sonores obliques, ne dépend que de la densité de la couche d'air d'où le son est parti (98). Il ne faut pas confondre des problèmes entièrement distincts.

Lorsque placé dans la plaine qui environne la mission d'Atures, on entend, à plus d'une lieue de distance, le bruit des grandes cataractes de l'Orénoque, on croit être près d'une côte bordée de récifs et de brisants. Le bruit est trois fois plus fort la nuit que le jour, et donne un charme inexprimable à ces lieux solitaires. Quelle peut être la cause de cet accroissement d'intensité, dans un désert où rien ne semble interrompre le silence de la nature? La vitesse du son, bien loin d'augmenter, décroît avec l'abaissement de la température. L'intensité diminue dans un air agité par un vent qui souffle en sens opposé à la direction du son : elle diminue aussi par la dilatation de l'air, et est plus faible dans les hautes régions de l'atmosphère que dans les régions basses où, à égalité de rayon, les molécules d'air ébranlé ont plus

de densité et plus d'élasticité. L'intensité, enfin, est la même dans un air sec et dans un air mêlé de vapeurs; mais elle est plus faible dans le gaz acide carbonique que dans des mélanges d'azote et d'oxygène. D'après ces faits, les seuls que nous connaissions avec quelque certitude, il est difficile d'expliquer un phénomène que l'on observe en Europe près de chaque cascade, et qui, longtemps avant mon arrivée dans le village d'Atures, avait frappé le missionnaire et les Indiens. La température nocturne de l'atmosphère y est plus basse de 3° que la température du jour; en même temps, l'humidité apparente augmente la nuit, et la brume qui couvre les cataractes devient plus dense. Or nous venons de voir que l'état hygrométrique de l'air n'influe en rien sur la propagation du son, et que le refroidissement de l'air en diminue la vitesse.

On pourrait croire que, même dans les lieux qui ne sont pas habités par les hommes, le bourdonnement des insectes, le chant des oiseaux, le frémissement des feuilles agitées par les vents les plus faibles, causent, durant le jour, un bruit confus, dont nous nous apercevons d'autant moins qu'il est uniforme et que nos oreilles en sont constamment frappées. Or ce bruit, si peu sensible qu'il soit, peut diminuer l'intensité d'un bruit plus fort, et cette diminution peut cesser naturellement, si, pendant le calme de la nuit, le chant des oiseaux, le bourdonnement des insectes et l'action des vents sur les feuilles se trouvent interrompus. Mais ce raisonnement, supposé

que l'on en admette la justesse, ne s'applique guère aux forêts de l'Orénoque, où l'air est constamment rempli d'une innombrable quantité de moustiques, où le bourdonnement des insectes est beaucoup plus fort la nuit que le jour, où la brise, si par hasard elle se fait sentir, ne souffle qu'après le coucher du soleil.

Je pense plutôt que la présence du soleil agit sur la propagation et l'intensité du son, par les obstacles qu'opposent les courants d'air de densité différente, et les ondulations partielles de l'atmosphère, dues à l'inégal échauffement des différentes parties du sol. Dans un air tranquille, qu'il soit sec ou mêlé de vapeurs vésiculaires également distribuées, l'onde sonore se propage sans difficulté; mais, lorsque cet air est traversé en tous sens par de petits courants d'un air plus chaud, elle se partage en deux ondes, à l'endroit où la densité du milieu change brusquement. Il se forme alors des échos partiels qui affaiblissent le son, parce qu'une des ondes revient sur elle-même. Il se fait de ces partages des ondes, dont Poisson a récemment développé la théorie avec la sagacité qui caractérise tous ses travaux (99). Ce n'est donc pas le mouvement de translation des molécules d'air de bas en haut dans le courant ascendant, ce ne sont pas les petits courants obliques, que nous considérons comme s'opposant par un *choc* à la propagation des ondes sonores. Un choc, imprimé à la surface d'un liquide, formera des cercles autour du centre d'ébranlement, lors même que le liquide est agité. Des ondes de plusieurs sortes

peuvent se croiser dans l'eau comme dans l'air, sans se troubler durant leur propagation ; de petits mouvements se *superposent*, et la véritable cause de la moindre intensité du son pendant le jour paraît être le manque d'homogénéité dans le milieu élastique. Il y a alors interruption brusque de densité, partout où de petits filets d'air d'une haute température s'élèvent sur des parties du sol inégalement échauffées. Les ondes sonores se partagent comme les rayons de lumière se réfractent, et forment le *mirage*, dans tous les endroits où des couches d'air de densité inégale sont contiguës. Il faut établir une distinction entre les intensités du son ou de la lumière et les directions de l'*onde sonore* ou de l'*onde lumineuse*. Lorsque ces ondes se propagent à travers des couches de densités différentes, deux effets seront simultanément produits : il y aura changement dans la direction de la propagation, et extinction de la lumière et du son. La réflexion qui accompagne chaque réfraction affaiblit l'intensité de la lumière ; le partage de l'onde sonore cause des échos partiels, et la partie de l'onde qui retourne sur elle-même, là où la densité du fluide change brusquement, devient, dans les bruits très-faibles, insensible à notre oreille.

Dans le mirage à doubles images, celle qui a subi la réfraction près du sol est constamment plus faible que l'image vue directement. Des couches de fluides de densité très-différente peuvent alterner, de manière que les directions primitives du rayon lumineux et du rayon sonore restent les mêmes ; mais

il suffit d'avoir déduit, en général, de la théorie des ondes sonores et de ses partages l'accroissement nocturne du son. Tout le phénomène repose sur ce manque d'homogénéité dans les colonnes verticales de l'atmosphère, qui, d'après l'application ingénieuse qu'a faite Arago de l'*interférence* et de la neutralisation des rayons, est aussi la véritable cause de la scintillation plus ou moins forte des étoiles. On sait d'ailleurs que la propagation du son est sensiblement altérée, lorsqu'on fait monter, dans un tube fermé à une des extrémités, une couche de gaz hydrogène au-dessus d'une couche d'air atmosphérique.

En énonçant ces idées, je pourrais m'appuyer sur l'autorité d'un philosophe que les physiciens continuent à traiter avec indifférence, quoique les zoologistes les plus distingués aient rendu depuis longtemps une éclatante justice à la sagacité de ses observations. « Pourquoi, dit Aristote dans le curieux livre des *Problèmes*, pourquoi le son se fait-il mieux entendre la nuit? Cela vient, d'après Anaxagore, de ce que, le jour, l'air échauffé par le soleil bruit et murmure, tandis que la nuit il demeure en repos, à cause de l'absence de chaleur. Cette absence rend tout plus calme et plus reposé, car le soleil est le principe de tout mouvement (1). » Aristote a eu un pressentiment vague de la cause du phénomène; mais il attribue au mouvement de l'atmosphère, au choc, ce qui n'est dû qu'aux changements brusques de densité dans des lames d'air contiguës. Ni Aristoxène, dans son livre sur la *Musique*, ni Sénèque dans

ses *Questions naturelles*, ni Théophylacte Simocatta, n'ont tenté d'expliquer l'accroissement nocturne du son. Lorsqu'on considère l'état d'imperfection de la physique chez les anciens et leur ignorance de la méthode expérimentale, on est frappé du nombre d'observations justes et souvent délicates, que renferment les ouvrages du philosophe de Stagire, sur la rosée, sur les causes du mirage, sur la force conductrice des métaux et des cendres pour la chaleur, sur la hauteur des nuages considérée comme effet du courant d'air ascendant, etc. (2).

Les montagnards des Alpes, comme ceux des Andes, regardent un accroissement extraordinaire du son pendant des nuits calmes comme un pronostic sûr d'un changement de temps. « Il va pleuvoir, disent-ils; on entend de plus près le murmure des torrents. » Deluc (3) a tâché d'expliquer ce phénomène par un changement dans la pression barométrique, par un plus grand nombre de bulles d'air qui crèvent à la surface de l'eau. Cette explication est forcée et peu satisfaisante : je ne tenterai pas de la remplacer par une autre hypothèse ; mais je rappellerai l'analogie qu'il y a entre le pronostic tiré de l'accroissement du son, et un autre pronostic tiré d'une moindre extinction de lumière. Les montagnards annoncent un changement de temps, lorsque tout d'un coup, par un air calme, les montagnes couvertes de neiges perpétuelles paraissent rapprochées de l'observateur, et que leurs contours se détachent avec une netteté extraordinaire sous la voûte azurée

du ciel. Quelle que soit la constitution atmosphérique qui produise ces phénomènes, il n'en est pas moins curieux d'y reconnaître une nouvelle analogie entre les mouvements des *ondes sonores* et ceux des *ondes lumineuses*.

APPENDICE AU MÉMOIRE PRÉCÉDENT.

(1853)

Je me suis assuré que l'accroissement des sons est plus grand dans les plaines et dans les contrées basses que sur les plateaux de montagnes, plus grand sur le continent que sur la mer. J'ai toujours été extrêmement frappé, dans les plaines tropicales, de la distance à laquelle on entend, la nuit, le bruit des cascades ou les hurlements et les rugissements des troupeaux de singes, connus sous le nom d'Araguatos barbus (4). Ainsi que l'ont remarqué Deluc et Tyndall (5), le bruit des chutes d'eau, de même que celui des vagues qui se brisent contre les écueils, est produit surtout par les bulles d'air qui crèvent dans l'eau. L'affaiblissement des sons en pleine mer, lorsque le bruit est produit sur la mer elle-même, ne peut avoir pour cause, comme sur le continent, le plus ou moins de chaleur en tel ou tel point de la surface. J'ai observé que la surface de la mer a souvent, sous

les tropiques, à 3° au delà ou en deça de l'équateur, une température uniforme, dans des espaces de plusieurs centaines de milles carrés. Il n'y a point à tenir compte ici de la densité différente des colonnes d'air ascendantes, chauffées à des températures diverses, et dans lesquelles se brisent les rayons ou les ondes sonores. Les détonations plus faibles de l'artillerie en pleine mer doivent donc être attribuées uniquement au défaut d'élasticité du sol liquide. C'est un effet analogue à celui des tapis de laine dans une salle de concert, ou à celui d'un champ de blé couvert de riches épis, au bord duquel on décharge des armes à feu. Ces analogies sont instructives. Si, comme l'a observé Derham, des flocons de neige qui voltigent dans l'air diminuent l'intensité du son, je ne fais pas difficulté d'attribuer ce phénomène au brisement produit dans les ondes sonores par les densités différentes que le rayon du son rencontre sur son chemin, à travers un milieu rempli de neige, de même qu'un verre plein de vin de Champagne ne rend pas un son plus clair que le bois ou la corne, aussi longtemps que le liquide est traversé par le gaz carbonique. Mais si, toujours suivant les observations de Derham, l'affaiblissement du son se fait sentir encore après que la neige est tombée, tant que la couche de neige fraîche et molle n'est pas recouverte d'une glace luisante, c'est ici encore un phénomène dû à la résonnance du sol. Au mois de février 1803, pendant une éruption du Cotopaxi, Bonpland et moi, naviguant dans la mer du Sud, à

42 milles géographiques des côtes, nous avons reconnu que les craquements du volcan étaient beaucoup plus intenses la nuit que le jour. On ne peut chercher la cause de ce fait que dans le chemin parcouru par le rayon sonore, qui descendait vers le rivage d'une hauteur de 5750 mètres, par conséquent dans des couches d'air qui reposent sur le continent. Dans le port de Guayaquil, où l'éboulement produit par les détonations du volcan faisait trembler les vitres à une distance de 87 milles, nous constatâmes, avant de mettre à la voile pour Acapulco, que le bruit était trois fois plus fort après minuit qu'au milieu du jour (6). Ce son ne nous arrivait si retentissant sur la mer que parce qu'il descendait perpendiculairement jusqu'au rivage, sans être affaibli la nuit, comme il l'était le jour, par les causes que nous avons indiquées dans le précédent Mémoire, et qu'il se prolongeait ensuite vers l'ouest, sans rien perdre de son intensité, jusqu'à la station du vaisseau.

Je possède une série d'expériences acoustiques sur l'air en mouvement et sur l'air immobile, faites en 1813, avec beaucoup d'exactitude et de prudence, par un observateur pénétrant, la Roche. Pour raisonner sur un milieu où tant de choses n'ont pu être encore expliquées, et où, de même que dans l'eau, plusieurs systèmes d'ondulations peuvent, malgré leurs perturbations réciproques, se propager en même temps dans le même espace (7), il est nécessaire de grouper ensemble tous les faits bien observés,

et de n'en rejeter aucun par entêtement pour des théories réputées inébranlables. D'après les expériences de la Roche et de Dunal, dans lesquelles deux sons égaux ont été produits suivant l'axe d'un fort courant d'air, de manière à ce qu'on pût juger de la différence de leur intensité par la distance à laquelle l'onde sonore montant contre le vent et celle qui descendait avec lui paraissaient exactement de même force à l'oreille, la diminution du son était à la vérité moins grande dans le sens du vent que dans le sens opposé ; mais le rayon sonore, perpendiculaire à la direction du vent, était plus intense encore que lorsque l'ébranlement arrivait avec le vent, c'est-à-dire suivait la direction du courant aérien. Que, contrairement au préjugé populaire, le vent ne hâte pas et ne porte pas avec lui les ondes sonores mises en mouvement, c'est ce qui est bien prouvé par le peu de vitesse du vent, qui, dans sa plus grande force, se propage vingt-cinq fois moins vite que le son. Les expériences de la Roche et de Dunal ont aussi mis en lumière certaines modifications du son, complétement indépendantes de l'impulsion communiquée par le vent. C'est lorsque l'air est tranquille que se produisent, à égale distance, les plus grandes inégalités dans l'intensité du son. Alors même que le vent soufflait violemment, bien que régulièrement, le son perçu par les observateurs, dans la direction du courant d'air, était intermittent, très-intense dans certains moments, à peine sensible dans d'autres (8).

Après les premières et très-imparfaites observations sur la vitesse du son dans les plaines, par Mersenne, Gassendi et les membres de l'*Accademia del Cimento*, Cassini de Thury reconnut le premier, en 1738, dans les expériences qu'il fit à Fontenay-aux-Roses, près de Paris, qu'il n'y avait nulle précision à espérer, tant que l'on n'établirait pas de réciprocité entre les sons produits simultanément dans deux stations situées en face l'une de l'autre, attendu que la mesure de la vitesse des sons est la demi-somme de l'intervalle observé dans chaque station entre l'éclair et le bruit. Comme le vent agit sur les deux vitesses pour accélérer l'une et ralentir l'autre, le résultat est tel qu'il eût été par un air calme. Ce ne fut que dans les expériences instituées, durant l'été de 1822, par une commission du Bureau des Longitudes, sur la proposition d'Arago, que l'on put réaliser pour la première fois avec exactitude cette simultanéité dans la production réciproque du son. Un peu plus tard, pendant l'été de 1823, deux savants hollandais, Moll et A. Van-Beek, renouvelèrent la même expérience, avec une grande précision, dans les plaines d'Utrecht; enfin, elle fut répétée en Suisse, entre la hauteur de Faulhorn et le village de Tracht, près de Brienz. En France, le Bureau des Longitudes nous avait invités, Gay-Lussac et moi, à nous adjoindre aux travaux de la commission, composée d'Arago, Mathieu, Bouvard et Prony, et à observer, conjointement avec ces savants (9). L'artillerie fut établie sur la hauteur de Montlhéry, dont Cassini avait déjà fait

choix, et dans la plaine de Villejuif. La distance entre les deux stations, mesurée trigonométriquement, était de 9549,6 toises ou 18613 mètres. Nos expériences du 21 et du 22 juin 1822 ont donné, par 10° du thermomètre centigrade, une vitesse de 337^{m},2 (173^{t},01); en évaluant la correction due à la température à 0^{t},321 pour chaque degré du thermomètre, le résultat ramené à 0° est de 330^{m},9 (169^{t},8). Arago juge l'expérience exacte à 1 mètre près.

Les expériences faites à Utrecht par Moll et A. de Beek, ramenées à 0° et à l'air sec, donnent 332^{m},05 (10); celles que Bravais et Martins ont faites, en opérant les mêmes réductions, sur des stations du Faulhorn, séparées par 2678 mètres de hauteur verticale, donnent 332^{m},37 par seconde (11). Dans cette dernière expérience, et malgré la hauteur considérable du point supérieur choisi sur le Faulhorn, la vitesse du son ascendant a été exactement la même que celle du son descendant. Pour l'intensité et la limite de perception du son, qu'il ne faut pas confondre avec la vitesse, j'ai éprouvé, sur les hauteurs de la chaîne des Andes, tandis que les hommes chargés de porter nos instruments gravissaient la montagne loin derrière nous, que le courant d'air chaud qui s'élevait des couches inférieures rendait le son infiniment plus distinct; nous entendions en effet leurs paroles à une grande distance. En descendant les flancs escarpés de la *Silla* de Caracas, nous entendîmes, à 5 ou 6000 pieds de hauteur, des sons discordants qui montaient du fond de la vallée : c'étaient des sons de guitare, genre de

musique à laquelle il est difficile d'échapper dans les pays occupés par des colons de race espagnole (12). Gay-Lussac, dans son excursion du 16 septembre 1805, a entendu des aboiements de chiens à 15 ou 17000 pieds de hauteur verticale; il a distingué, à une hauteur qu'il évaluait à 7000 pieds, le chant de petits oiseaux qui s'élèvent peu au-dessus des champs de blé.

Les premiers résultats numériquement exacts qui aient été obtenus sur l'intensité du son et la différence de cette intensité, suivant les heures du jour et de la nuit, sont dus à deux excellents observateurs, Martins et Bravais (13). Un son quelconque, l'*ut* par exemple, qui pour une seule émission donne 512 vibrations par seconde, a toujours la même intensité dans un milieu aériforme de densité égale; par conséquent, la distance plus ou moins grande, à laquelle on cesse de percevoir ce ton à travers des couches d'air de densité inégale, est la mesure certaine de son intensité. Le 22 juin 1844, dans une plaine située près du village de Saint-Chéron, dans le département de Seine-et-Oise, on n'a plus entendu le ton du diapason à une distance de 254 mètres. Le calme de l'air était à peine troublé de temps en temps par un vent très-faible du sud; mais ce vent coupait perpendiculairement la ligne qui séparait l'instrument de l'observateur. Le ciel restait couvert et la température de l'air était, à une heure et demie de l'après-midi, à 24° du thermomètre centigrade; le baromètre marquait 744^{mm},3. L'expérience fut répétée à minuit, et bien que le bourdonnement des insectes, le bruit des branchages qui se

détachaient des arbres et les nombreux aboiements des chiens troublassent le calme de l'air plus qu'au milieu du jour, on put cependant s'éloigner de 125 mètres de plus; ce fut seulement à la distance de 379 mètres que l'onde sonore cessa d'être perceptible; le thermomètre était à 17°, le baromètre marquait toujours 744^{mm},7. Avant le temps où Cassini de Thury, à la suite de ses expériences inexactes de 1738, niait résolûment l'accroissement nocturne du son, Zanotti avait démontré, dans les *Mémoires de l'Académie de Bologne*, que cet accroissement était la conséquence des observations faites par Hauksbee, dès l'année 1706 (14).

Dans notre essai du 21 et du 22 juin 1822, nous observâmes avec beaucoup d'étonnement que le bruit de tous les coups de canon tirés de la colline de Montlhéry, sur laquelle je me trouvais avec Gay-Lussac et Bouvard, arrivait fort distinctement dans la plaine de Villejuif, tandis que sur la colline fort peu élevée de Montlhéry on n'entendait presque point ceux de Villejuif. Du grand nombre de coups tirés à Villejuif de cinq minutes en cinq minutes, sept seulement répondirent le premier jour à ceux de la station opposée, et purent servir à mesurer la vitesse du son. Cependant le peu de vent qu'il faisait soufflait à peu près exactement dans la ligne qui joint les deux points de Villejuif et de Montlhéry, c'est-à-dire du nord-nord-est au sud-sud-est.

Le second jour l'humidité avait augmenté. Sur douze coups tirés à Villejuif, un seul fut entendu

à Montlhéry. On changea la charge et l'angle d'inclinaison du canon, sans réussir le moins du monde à rendre le son plus distinct. Quelle est la cause qui, d'un côté, s'opposait à la propagation du son de la plaine à la colline, et la favorisait au contraire de la colline à la plaine? Était-ce les champs de blé au bord desquels l'artillerie avait été disposée à Villejuif qui rompaient presque à leur naissance les ondes sonores? C'est un point que l'on ne saurait décider. Ce qu'il y a de plus surprenant, c'est que l'on n'entendait rien à l'endroit précisément où le vent du nord-nord-est venant de Villejuif semblait devoir porter le son. « Nous ne chercherons pas à expliquer, dit Arago, ces causes de la différence si remarquable d'intensité dans la propagation du son, parce que nous ne pourrions offrir que des conjectures dénuées de preuves. » Le problème de l'intensité du son paraît plus compliqué encore que celui de la vitesse. Tous les coups qui, dans nos expériences, furent tirés sur la colline de Montlhéry furent accompagnés d'un roulement semblable au tonnerre, qui durait de 20 à 25 secondes. L'écho de ce roulement n'arriva pas jusqu'à Villejuif; si deux fois seulement il se fit entendre dans la plaine, ce fut au moment où le ciel, serein jusque-là, se voila subitement de quelques nuages. Ce phénomène, ajoute Arago, peut confirmer l'explication que quelques physiciens ont donnée du roulement du tonnerre qui suit l'éclair dans les orages. D'après l'ingénieuse remarque de Laplace, la vapeur aqueuse répandue

dans l'air atmosphérique, étant plus légère que ce fluide, le rend moins dense; elle doit donc produire sur la vitesse du son un effet analogue à celui de la chaleur. Les ondulations de l'air qui constituent le son peuvent, lorsque l'hygromètre est très-près des termes de l'humidité extrême, déterminer une précipitation de vapeur et, conséquemment, un dégagement du calorique (15).

Les phénomènes que présentent la vitesse et l'intensité du son dans les couches très-raréfiées des hautes régions de l'atmosphère ont été, à une époque plus récente, l'objet de belles et profondes recherches de la part de Bravais et de Martins. Dans leur intrépide ascension au Mont-Blanc, durant les quelques jours qu'ils passèrent sur le grand plateau, immédiatement au-dessous de la cime, ces physiciens ont fait des expériences sur le diapason, à 3930 et à 4811 mètres au-dessus de la surface de l'Océan. Déjà la Condamine avait conclu des distances auxquelles lui et don Jorge Juan avait entendu des coups de canon, que dans les régions montagneuses de l'équateur situées à des hauteurs de 3000 ou 4000 pieds, le son, mesuré à l'extrême limite de l'audition, est d'un tiers moins intense que dans le bassin de Paris. Ces expériences ne concordaient nullement avec celles qu'avait faites autrefois Hauksbee sur le son des cloches dans des récipients remplis d'un air plus ou moins raréfié(16). Saussure et quelques autres voyageurs qui ont gravi le Mont-Blanc ont accrédité l'opinion que dans les régions de l'air qu'ils ont at-

teintes, la parole humaine est singulièrement affaiblie; même à une très-petite distance. Bonpland, Carlos Montufar et moi, nous n'avons nullement remarqué cet affaiblissement, durant le séjour de trois années que nous avons fait au milieu des volcans de Popayan, de Quito, du Pérou et du Mexique, bien que nous nous soyons souvent trouvés sur des points beaucoup plus élevés que la cime du Mont-Blanc et quelquefois à 17 ou 18000 pieds de hauteur. Nous nous entendions parler absolument comme au bord de la mer, et il en était de même lorsque nous nous appelions à distance. Il est vrai que depuis plusieurs mois nous vivions sur des hauteurs de 7 à 9000 pieds. Je suis fort disposé à admettre la conjecture de Bravais qui, dans de rapides voyages de la vallée de Chamouni à la cime du Mont-Blanc, a remarqué souvent que l'affaiblissement portait sur l'organe de l'ouïe et non sur l'intensité du son.

Bravais et Martins ont fait résonner le diapason sur le grand plateau du Mont-Blanc, à 900 mètres seulement au-dessous de la cime, dans une enceinte circulaire couverte de neige, par un ciel très-serein et un air tranquille (31 août 1844; baromh. 477^{mm},88; tempér.—3°,5; tension de la vapeur aqueuse 0^{mm},06). La limite de l'audition s'est trouvée être à la distance de 337 mètres. Bravais et Lepileur avaient fait déjà une première épreuve dans la plaine voisine du village de Saint-Chéron, et avaient trouvé cette limite, le jour, à 254 mètres; la nuit, à 379. Sur le Faulhorn, à 2620 mètres de hauteur, les sons ont

été perçus jusqu'à la distance de 550 mètres (1er octobre 1844; barom. 558mm; tempér. 7°,2; tension de la vapeur aqueuse, 5mm,62). Ces nombres, ramenés à la température de 0° et à la pression de 760mm donnent pour la plaine de Saint-Chéron, le jour 268m, la nuit 394m; pour le Faulhorn 650m, pour le plateau du Mont-Blanc 422m. Pourquoi la limite de l'audition se trouve-t-elle ainsi beaucoup plus reculée sur des hauteurs de 7 à 12000 pieds que dans la plaine? et si, comme le suppose Bravais (17), la cause en est dans le calme de l'air qui n'est troublé par aucun bruit accidentel, dans la pauvreté ou plutôt dans l'absence de la végétation et dans celle de la vie animale, pourquoi la limite de l'audition est-elle, sur le plateau du Mont-Blanc et sur le Faulhorn, inférieur au Mont-Blanc de 5000 pieds, dans le rapport de 3 à 2? Il est vrai que, à égalité de hauteur absolue, le son, surtout dans les plaines, paraît plus intense, lorsque le baromètre est élevé que lorsqu'il est bas: il paraît aussi plus intense lorsque l'atmosphère est froide, sereine et sans nuages; mais les expériences directes, tentées récemment sur la limite de l'audition dans les hautes montagnes, sont loin d'avoir confirmé les conjectures antérieures des physiciens, à savoir que la densité de l'air, en diminuant, affaiblit la vitesse et l'intensité du son. Les observations que j'ai faites dans les puits et dans les galeries des mines, ainsi que dans des sources situées à une grande profondeur, prouvent au contraire qu'une colonne d'air, renfermée entre de solides parois,

favorise la propagation du son, et recule démesurément la limite à laquelle il cesse d'être perceptible. Le même phénomène résulte des belles expériences faites par Biot avec des tubes de 3000 pieds de long, à travers lesquels des mots prononcés à voix basse, comme si l'on se parlait à l'oreille, arrivaient à l'extrémité opposée aussi distincts qu'au point de départ. La Condamine, en comparant, avec sa pénétration ordinaire, les expériences auxquelles il s'était livré en 1740 sur la haute plaine de Quito, et, quatre années plus tard, à Cayenne, après son voyage à la rivière des Amazones, remarqua bien l'influence qu'exerce l'élévation de la température sur la vitesse du son; mais il se contenta de noter dans son Journal de Voyage les résultats numériques de cette vitesse, sans indiquer et sans discuter les degrés thermométriques (18). La Condamine et Bouguer trouvèrent au Quinché, près d'Oyambaro, à peu de distance de la base qu'ils avaient tracée pour leur célèbre mesure du degré, que la vitesse du son était de 175 toises (341 mètres) par seconde (19). Cassini de Thury avait trouvé deux toises de moins près de Paris. La température était, lors de l'expérience de Cassini, de 5° à 7° 1/2 (20); celle par laquelle furent faites les expériences au Quinché, à une hauteur de 8000 à 9000 pieds, ne peut, d'après les observations que j'ai faites dans la même contrée, avoir dépassé 10° ou 12°; la distance du Quinché à Quito où était disposée l'artillerie était de 10540 toises (20540 mètres). Dans les expériences faites quatre

années plus tard, le chemin que le son avait à parcourir, en descendant des montagnes de Couron dans la plaine brûlante de Cayenne, était au moins de 20230 toises (39430 mètres); on constata que la vitesse était de 183 toises (356m,6) par seconde. Comparativement aux expériences du Quinché, c'était une augmentation de 8 toises (15m,6), par une température qui ne pouvait être moindre de 23° à 25°.

Les célèbres voyages au pôle des navigateurs anglais ont fourni plusieurs occasions de confirmer les résultats obtenus, en 1740, par la Condamine en Amérique, et par Bianconi à Venise, à savoir que la vitesse du son augmente avec la température. Le capitaine Parry, durant l'hiver qu'il passa dans l'île Melville, lors de sa seconde expédition, trouva, en traçant il est vrai une base trigonométrique d'une médiocre étendue, par — 2°,6 du thermomètre centigrade, 338 mètres; par — 19°,4, 328m,8; par — 40°,5, 314 mètres seulement (21).

Le capitaine Parry remarqua, dans le troisième voyage qu'il fit au pôle nord, avec les navires *Hecla* et *Fury* (1824 et 1825), que, par un froid extrêmement intense, sur une surface de glace uniforme qui ne donnait lieu à aucun courant d'air d'inégale densité, le son se propageait à de grandes distances avec une intensité extraordinaire. A Port-Bowen, le lieutenant Foster avait envoyé de l'observatoire un matelot à l'extrémité opposée du port, pour placer un signal dans la direction du méridien. Comme la distance, exactement mesurée, était de 6696 pieds anglais, il

envoya à mi-chemin un second matelot, chargé de répéter ses ordres au premier; mais, tout d'abord, il reconnut que cet intermédiaire était complétement inutile; il pouvait s'entretenir commodément avec le premier matelot, à une distance de 6696 pieds anglais (2040 mètres), la température étant de 18° Fahrenheit (— 7°,5 centigr.), la pression atmosphérique de 30,14 pouces anglais. A mesure qu'augmentaient le froid et la pression atmosphérique, la vitesse du son diminuait d'une façon remarquable. Par une pression de 30,118 pouces anglais et une température de + 33°,5 Fahrenheit (+ 0°,7 centigr.), elle n'était plus que de 1098 pieds (334m,65); par une pression de 30,398 pouces et — 38°,5 Fahrenheit (— 39,5 centigr.), de 1014 pieds (309m,04) (22). En comparant ces expériences avec d'autres, on peut conclure que l'influence la plus efficace n'était pas, dans ce cas, l'augmentation de la pression atmosphérique, mais l'abaissement de la température. Un changement dans la pression atmosphérique, sans changement de température, paraît agir d'une manière à peine sensible sur la vitesse du son. Au contraire, lors du mémorable voyage de John Franklin (23), les expériences de Kendall, sur le lac des Ours, constatèrent que l'abaissement de la température faisait subir à la vitesse du son une diminution telle qu'après avoir été, par — 2° 1/2 centigr., de 331m,2, elle n'était plus que de 313m,9 par — 40°. Ainsi se trouvèrent complétement vérifiées les expériences de l'île Melville et de Port-Bowen.

XI

DE LA HAUTEUR MOYENNE DES CONTINENTS.

Si les hauteurs absolues des cimes, c'est-à-dire des points culminants qui s'élèvent çà et là au-dessus des basses terres et des couches inclinées qui annoncent les régions montagneuses, offrent généralement au géologue moins d'intérêt que ne le suppose le préjugé populaire, il n'en est point ainsi du travail qui consiste à déterminer le volume des croupes et des chaînes de montagnes comparées à la superficie des basses terres. Cette branche de la géologie, généralement peu cultivée, mais qui a reçu cependant quelque jour du grand nombre de profils représentant des contrées entières, que j'ai publiés depuis l'année 1805, n'est point sans importance pour aider à résoudre des questions de haute géodésie, et déterminer la constitution du sphéroïde terrestre. Un illustre mathématicien qui m'a honoré de son amitié durant de longues années, Laplace, montre, dans sa *Mécanique céleste* (24) comment « le peu de différence qui existe entre les

résultats fournis par les expériences sur le pendule et l'aplatissement que donnent pour le sphéroïde terrestre les mesures de degrés terrestres et les inégalités lunaires, prouve que la surface de ce sphéroïde serait à fort peu près celle de l'équilibre, si elle devenait fluide. De là et de ce que la mer laisse à découvert de vastes continents, on conclut qu'elle doit être peu profonde, et que sa profondeur moyenne est du même ordre que la hauteur moyenne des continents et des îles au-dessus de son niveau, hauteur qui ne dépasse pas 1000 mètres (513 toises). Cette profondeur est donc une petite fraction de l'excès du rayon de l'équateur sur celui du pôle, excès qui surpasse 20000 mètres (25). Mais de même que les hautes montagnes recouvrent quelques parties des continents, de même, il peut y avoir de grandes cavités dans le bassin des mers. Cependant il est naturel de penser que la profondeur est plus petite que l'élévation des hautes montagnes. Les dépôts des fleuves et les dépouilles des animaux marins entraînés par les courants devant remplir à la longue ces cavités. » Telles sont les paroles mêmes de Laplace.

La hauteur moyenne des continents et des îles, dont on s'est fait jusqu'ici, ainsi que j'espère le prouver, une idée fort exagérée, dépend moins des points culminants, tels que les pics ou les sommets arrondis et couverts de neiges éternelles, qui excitent si vivement la curiosité universelle, que de la conformation générale du sol, de ces plateaux aux inclinaisons ondulées, qui par leur étendue et leur masse

déterminent la position des surfaces moyennes, c'est-à-dire des plans qui passent par le centre de gravité des continents, j'entends le centre de gravité du volume et non celui de la masse, qui sont deux choses très-différentes, attendu que la partie solide du corps terrestre élevée au-dessus de la mer n'est point partout d'une densité uniforme. La géologie a ses éléments numériques, comme toutes les sciences qui ont pour objet la forme et l'étendue des chaînes de montagnes et des bassins remplis par les eaux, la distribution des êtres organisés et les causes qui modifient les climats et les courbures des lignes isothermes. Les sciences exactes n'ont fait de véritables progrès que du moment où l'on a commencé à considérer dans leur ensemble les phénomènes naturels, et où l'on a cessé insensiblement d'attacher une importance démesurée, ici aux points culminants isolés dans l'espace, là aux températures extrêmes que le thermomètre marque dans quelques jours de l'année.

Nous possédons pour les îles Britanniques, l'Allemagne, la Suisse, la France et les États scandinaves des milliers de hauteurs mesurées trigonométriquement et barométriquement; mais ces stations sont réparties d'une manière très-inégale. Aucun travail n'a été entrepris, pas plus en France qu'en Allemagne, pour évaluer en milles carrés l'étendue des plaines qui ne dépassent pas cinq ou six mille pieds de hauteur absolue, pour distribuer à intervalles égaux les points dont on veut déterminer les coor-

données de hauteur, et s'élever ainsi à un résultat plus général, en d'autres termes, pour fixer le centre de gravité du volume, dans les pays qui, en l'état actuel de notre planète, sont situés au-dessus de la surface de l'océan. Presque toujours on s'est occupé des montagnes de préférence aux basses terres. Les plaines qui s'étendent le long des deux rives du fleuve des Amazones, jusqu'aux pieds de la cordillère des Andes, sur un espace de 437000 lieues marines carrées de 20 au degré, qui par conséquent dépassent des 2/7 environ la surface de l'Europe, seraient à peine exhaussées de 80 toises ou 155 mètres, si la masse des Cordillères qui, si grande que soit leur élévation, ressemblent çà et là à un mur par leur peu d'épaisseur, étaient réparties uniformément sur ces plaines (26).

L'exhaussement des plaines de l'Asie, si on tentait de l'évaluer par le même procédé, dépendrait des vastes plateaux de Gobi, du Thibet oriental et de Ladak, autant que des puissants systèmes de montagnes, qui, dans cette partie du monde, forment la charpente de l'hémisphère terrestre, au sud du 44° parallèle et à l'est du lac Baïkal (27). La Russie d'Asie présente, dans son ensemble, une surface qui égale dix-sept fois environ la surface de la France, et presque triple de celle qu'occupent les savanes comprises entre les Alleghanys et les *Rocky Mountains* (28). Si l'on évalue à 400000 lieues marines carrées, et le calcul n'est point exagéré, les plaines de la Sibérie, élevées seulement de 240 à 260 pieds

au-dessus du niveau de la mer, et si l'on admet, d'après l'analogie des contrées qu'ont visitées Fuss et Bunge, entre Irkoutsk, Ergi et Pekin, que la hauteur moyenne du plateau de Gobi est au plus de 1800 mètres (4000 pieds), il en résultera que les 42000 lieues carrées de ce plateau, réparties sur les dépressions du sol de la Sibérie, ne l'élèveraient guère que de 70 toises (136 mètres). L'exhaussement serait à peine de 20 toises, si la répartition s'opérait sur la surface entière de l'Asie, évaluée à 1346000 lieues marines carrées. Le continent asiatique est d'une telle étendue que, bien qu'il n'atteigne pas l'équateur, il excède la surface du Nouveau Continent ou celle de l'Europe et de l'Afrique réunies. Aussi l'accroissement général produit dans le gonflement du sol par le Caucase, l'Hindou-Kho et le Taurus, par le plateau qui entoure le mont Ararat, entre les villes d'Erzeroum et de Tabriz, et par celui de la Perse, par l'Oural et l'Altaï, n'atteindrait vraisemblablement pas 18 à 19 toises.

De tels résultats, fondés sur un petit nombre de données exactes, ne fournissent, il est vrai, que les nombres limites; mais comme j'ai toujours choisi à dessein des chiffres très-élevés pour exprimer le volume des chaînes de montagnes et des plateaux, ainsi que la surface recouverte par ces gonflements du sol, je crois finalement m'être plus approché du maximum que du minimum. Les chaînes de l'Himalaya et du Kouen-lun, et les plateaux élevés de 3500 mètres qui comblent l'intervalle compris en-

tre ces montagnes, depuis la grande courbure du fleuve thibétain Yarou-Dzangbo-Tschou, jusqu'au nœud du Bolor et du Thsoungling, vers lequel convergent les deux chaînes, sont certainement les contrées de la terre dont la masse est le plus considérable. L'espace compris entre l'Himalaya et le Kouen-lun, et qui n'est pas, comme on l'a longtemps répété, rempli par un plateau unique, mais bien coupé par un grand nombre de chaînes de montagnes qui se croisent, embrasse de 5 à 7° de latitude, et cependant l'effet de ce gonflement, le plus colossal sans doute qui soit à la surface de la terre, n'exhausserait pas de plus de 56 toises (109 mètres) le continent asiatique. On est étonné, toutes les fois que, en mesurant les hauteurs, on ne se représente pas assez exactement les surfaces, de ne point voir monter davantage le centre de gravité de pays, dont une partie est si fort élevée au-dessus du niveau actuel des mers.

Les plaines basses ne forment en Asie que le tiers de la surface totale. C'est surtout dans le nord et dans la partie sud-est du continent américain que l'on rencontre des savanes d'une étendue surprenante. Depuis le Labrador et le Canada jusqu'au golfe du Mexique, elles forment une plaine immense que rien, pour ainsi dire, n'interrompt. Le bassin si fertile et si populeux du Mississipi est, à la vérité, deux fois aussi haut que celui de la Lombardie, et cependant la hauteur moyenne du sol au-dessus de la surface des mers ne dépasse pas, suivant Nicollet, de 400

à 600 pieds. Les hauteurs du Missabey, qui s'étendent du 47e au 48e parallèle et partagent les eaux entre la baie d'Hudson et le golfe du Mexique, atteignent à peine 1500 pieds (29). Dans l'Amérique du Sud, les Llanos de la province de Choco et du Rio Meta rattachent les Pampas de Buenos-Ayres aux Llanos de Venezuela. Ces plaines sont couvertes, à leurs extrémités septentrionale et méridionale, de graminées sociales et de plantes herbacées du groupe des légumineuses; le milieu, qui forme le bassin de la rivière des Amazones, est rempli par d'impénétrables forêts. Grâce à la direction que suivent, du nord au sud, les plaines du Nouveau-Continent, Savanes, Prairies, Llanos ou Pampas, depuis les embouchures de la rivière Mine de Cuivre et du Mackensie, jusqu'à l'archipel de la Terre de Feu, on voit réalisé ce singulier phénomène d'une contrée dont les extrémités sont recouvertes de glace et de neige, et qui nourrit dans la zone intermédiaire des palmiers et des bambusacées, annoncées déjà, dans la Louisiane, par les hautes graminées connues sous le nom de Ludolfia et de Miegia. Il y a, en droite ligne, 580 lieues marines ou 435 milles géographiques depuis Macapa, sur l'embouchure de la rivière des Amazones, jusqu'au versant oriental de la cordillère des Andes, à l'endroit où cette chaîne coupe l'équateur. Sur toute cette étendue, la pente ne forme pas un angle de plus de 25 secondes; elle est si peu sensible que, dans la province Jaen de Bracamoros, j'ai trouvé les plaines du fleuve des

Amazones élevées, à Chamaya et à Tomependa, de 225 toises et de 207 toises seulement au-dessus du niveau de l'océan (348m et 403m) ; encore ces deux points sont-ils extrêmement rapprochés du versant oriental de la chaîne des Andes. Sous le 5e degré de latitude australe, depuis Jaen jusqu'au cap San Roque de la province brésilienne Rio Grande do Norte, l'Amérique offre, dans sa plus grande largeur, une plaine de 880 lieues marines de France de 20 au degré (660 milles géographiques) et une pente de 1,41 pieds seulement par lieue marine, ou 1,88 pieds par mille géographique.

J'ai voulu entrer d'abord dans ces considérations générales, et les éclaircir par quelques exemples, afin de rendre dès ce moment vraisemblables les déterminations moyennes de hauteur auxquelles j'ai cru devoir m'arrêter, et qui présentent avec celles de Laplace une différence des deux tiers. Eu égard aux matériaux dont on dispose actuellement, le meilleur parti à prendre m'a paru être de considérer une chaîne de montagnes comme un prisme triangulaire, ayant pour base la surface que recouvre l'ensemble de la chaîne. L'arête opposée est élevée au-dessus de cette base d'une hauteur déterminée par la hauteur moyenne des passages et des plateaux qui séparent les différentes branches de la chaîne. L'opération consiste donc à mesurer d'abord les masses continues qui, sous la forme de chaînes ou de plateaux, se laissent enfermer facilement dans des limites déterminées, et à évaluer ensuite l'effet que pourraient

produire ces masses réparties sur la surface entière de la contrée, c'est-à-dire à calculer le nombre de mètres ou de toises dont on exhausserait cette surface, en distribuant proportionnellement sur les parties déprimées du sol le volume des chaînes ou des plateaux. Mais comme ces parties ont elles-mêmes une certaine élévation au-dessus du niveau de l'Océan, il est nécessaire de la faire aussi entrer en ligne de compte. Le plus souvent, d'ailleurs, cet effet de réaction est fort peu considérable. C'est une légère correction qu'il faut faire à la hauteur primitive du sol, pour en obtenir la hauteur moyenne, sans quoi le résultat serait au-dessous de la vérité. Si l'on considère les chaînes de montagnes, les Pyrénées par exemple, les Alpes et l'Hindou-Kho, comme des prismes triangulaires disposés horizontalement, les plateaux, tels que la haute plaine de Gobi, la partie occidentale de la Perse et la région du Thibet comprise entre l'Himalaya et le Kouen-Lun, doivent être considérés comme des prismes verticaux, sans égard à la pente qui existe aux extrémités. Après que l'on a déterminé les chaînes de montagnes et les hautes plaines, susceptibles d'être enfermées dans des limites assez précises, il reste encore des espaces considérables qui ne sont, à vrai dire, ni des plaines ni des éminences continues. L'effet de ces ondulations du sol, de ces inclinaisons qui annoncent les régions montagneuses, est difficile à évaluer. Si cependant il s'agit simplement de déterminer les nombres limites, de chercher le maximum vraisem-

blable de l'effet total, les mesures trigonométriques ou barométriques fournissent des inductions fondées sur l'analogie, qui peuvent au moins servir de point de départ.

J'ai pensé qu'un travail de ce genre devait nécessairement, pour porter la conviction dans l'esprit des lecteurs, les mettre en état de juger la valeur des documents qu'il contient. J'offre ici un premier essai, qui sera complété, lorsque nos connaissances hypsométriques auront gagné peu à peu en étendue et en précision. Le grand mathématicien, dont les encouragements ont si puissamment influé sur mes recherches dans le domaine de la physique générale, a évalué, ainsi que je l'ai fait remarquer déjà en commençant ce Mémoire, la hauteur moyenne des continents à 1000 mètres ou 513 toises. Il est vraisemblable qu'il a confondu les arêtes et les cimes, et a été conduit ainsi à exagérer la hauteur moyenne et la masse des montagnes. D'après l'ensemble des combinaisons mises en œuvre dans ce Mémoire, il y a lieu de se demander si le résultat dépasse la limite extrême de 300 mètres ou 154 toises.

I. Europe.

Avant de chercher à rien préciser pour l'ensemble de l'Europe, il convient de jeter en particulier un coup d'œil sur l'aire de la France, qui est de 17100 lieues marines carrées. D'après les calculs exacts du Directeur général des Mines en Suisse,

Charpentier, les Pyrénées en occupent 768, qui équivalent à 431 milles géographiques carrés de 15 au degré. Bien que la hauteur moyenne de l'arête des Pyrénées soit de 1250 toises ou 2437 mètres, je l'évaluerai à 800 toises ou 1560 mètres seulement, d'après le conseil du juge le plus compétent sur ce point particulier, Élie de Beaumont, en raison des excavations produites dans le prisme triangulaire par des vallées transversales, longues et très-profondes. La masse des Pyrénées, si elle était répartie sur la surface entière de la France, l'exhausserait de 18 toises ou 35 mètres. D'après le célèbre géologue que je viens de nommer, l'effet produit par la répartition des Vosges et de la partie française des Alpes et du Jura, dépasserait de quelques toises l'exhaussement dû aux Pyrénées, qui serait au moins égalé par celui que produiraient les plateaux du Limousin, de l'Auvergne, des Cévennes, de l'Aveyron, du Forez, du Morvan et de la Côte-d'Or. Il y a peut-être un sixième ou un huitième de la surface de la France dans lequel les ondulations du sol varient entre 300 et 400 toises de hauteur. Ces gonflements sont coupés par des vallées très-étroites. Ce n'est que dans les vallées principales et assez loin des bords que l'on trouve des points inférieurs à 140 toises. Lyon, situé au niveau du Rhône, n'a, il est vrai, que 83 toises, mais les plaines de la Bresse en ont plus de 150. L'évaluation de toutes ces masses cubiques rend vraisemblable que, si l'on adopte pour la hauteur primitive des plaines 80 toises ou 156 mètres (30), on sera

amené à fixer le centre de gravité du volume de la France entre 136 et 140 toises (265-273 mètres) au-dessus du niveau actuel de l'Océan (31).

Ces relations entre les plaines et les montagnes se manifestent d'une manière plus frappante encore, si d'une contrée particulière, comme la France, on passe à l'ensemble d'un continent. L'Europe, bornée à l'est par la chaîne de l'Oural, offre une surface de 804000 lieues marines ou 1702840 milles géographiques. La chaîne des Pyrénées exhausserait à peine de 6 pieds le sol de l'Europe. Les Alpes ont, dans le méridien du lac de Côme et de Bassano, de 86 à 40 lieues marines de largeur, elles en ont à peine 15 sur d'autres points. Si l'on évalue à 2700 lieues marines carrées la surface de la base, dans le prisme triangulaire qui représente tout le système des Alpes : des Alpes occidentales, presque dirigées du nord au sud (Alpes grecques, Alpes cottiennes et Alpes maritimes), et des Alpes orientales (Alpes noriques, Alpes carniques et Alpes juliennes); si de plus on considère ces diverses chaînes comme étant élevées en moyenne de 800 toises ou 1560 mètres seulement, eu égard aux vallées transversales et longitudinales, on trouve que l'exhaussement général produit par les Alpes est de $3^t,5$ ou $6^m,86$ (32).

Pour en venir à comparer, au point de vue de la géognosie stéréométrique, deux pays voisins, la France et l'Allemagne, je me renferme d'abord dans l'étroit espace de la Thuringe que traverse le Harz, et dont le nivellement a été plus soigneu-

sement étudié que celui d'aucune autre partie de l'Allemagne (33); je partirai de là pour embrasser de plus vastes espaces. Un excellent observateur, M. de Hoff, a déterminé, sur une surface d'environ 400 lieues marines carrées, 1076 points, et il a trouvé que, dans cette contrée de la Thuringe, dont la plus grande partie est montagneuse, le centre de gravité du volume n'est qu'à 166 toises ou 323 mètres au-dessus du niveau actuel de la mer Baltique. M. de Hoff avait relié son nivellement barométrique aux positions trigonométriques de Gauss et d'Encke, par l'observatoire établi sur le Seeberg, par l'Inselsberg, le Brocken et la station de Hohen-Hagen. On voit que, dans cet intéressant travail, à chaque lieue marine carrée, correspondent 2 toises et 4/10 de hauteur. L'élévation, d'ailleurs, est assez également répartie, et comme, depuis que j'avais publié les profils de différents pays, je n'avais pas cessé de m'occuper de ces questions, j'engageai M. de Hoff à tenter de déterminer la hauteur moyenne de la région qu'il avait explorée. Le résultat particulier à la Thuringe, dont la hauteur moyenne est, comme on vient de le voir, de 323 mètres, ne dépasse le résultat général auquel mes calculs m'ont conduit, pour l'ensemble de tous les continents, que de 15 mètres. La contrée soumise aux mesures de M. de Hoff renferme la chaîne de montagnes du Thuringerwald, dont l'arête a 680 mètres de hauteur. Le sol de la vallée d'Unstrut, qui de toutes est la plus profonde, est élevée de 115 à 195 mètres au-dessus du niveau de la mer Baltique. Iéna est à

130 mètres, Weimar à 210, Gotha à 307. Sept profils, joints au livre de M. de Hoff, représentent la configuration de cette remarquable contrée, dans laquelle le grand Beerberg s'élève à 1015 toises, l'Inselsberg à 928.

A cette contrée de la Thuringe, étudiée en détail avec le soin le plus minutieux, nous comparerons la partie de l'Allemagne méridionale comprise entre les Alpes et le Danube, c'est-à-dire le grand plateau de la Bavière et de la Souabe, et la partie centrale de la Suisse, qui s'étend du lac de Genève au lac de Constance. Les hauteurs moyennes de ces deux plateaux m'ont été communiquées obligeamment par deux naturalistes dont la science égale l'infatigable activité, Hermann et Adolphe Schlagintweit.

Nous considérons le plateau de la Bavière et de la Souabe comme borné au nord par le Danube ; à l'est, par l'Inn grossi de la Salzach ; au sud, par le lac de Chiem près de Rosenheim, par le lac de Staffel près de Murnau, et par celui de Constance ; à l'ouest, par le Rauhe-Alp et par la ville d'Ulm, située à 472 mètres de hauteur. La surface comprise entre ces limites est de 200 milles géographiques carrés. En rapprochant soigneusement tous les points mesurés, on trouve que la hauteur moyenne du plateau est de 548 mètres ; c'est 70 mètres environ de plus que la hauteur de Munich.

On peut se représenter la partie basse de la Suisse qui s'étend du sud-ouest au nord-est, entre les Alpes et le Jura, et forme un plateau généralement dé-

pourvu de montagnes, comme borné à l'ouest par le lac de Genève (haut. 375m), par le lac de Neufchâtel (haut. 435m) et par la rivière de l'Aar jusqu'à l'endroit où elle se jette dans le Rhin ; à l'est, par une ligne qui traverserait Bevay, Fribourg (haut. 537m), le lac de Thun (556m), le lac de Zug, le lac de Zurich (haut. 408m) et le lac de Constance (haut. 398m). Ces mesures donnent, pour la hauteur moyenne de la région des plaines en Suisse, 448 mètres, résultat très-peu différent de celui qu'a fourni le plateau de la Souabe et de la Bavière. L'excellent recueil des hauteurs absolues de la Suisse, publié par Ziegler en 1853, ne contient pas moins de 14000 déterminations.

Après avoir considéré, au point de vue hypsométrique, des régions bornées, nous nous élevons à la contemplation de l'ensemble. Lorsque, à la suite d'un long et pénible travail, le lieutenant Wolff publia sa carte hypsométrique de l'Allemagne (34), je demandai à cet ingénieur distingué, pour agrandir mon travail sur les hauteurs moyennes des continents, la permission de mettre le sien à profit, et de calculer la hauteur moyenne de l'Allemagne d'après les matériaux qu'il avait rassemblés par milliers. Pour se prêter à ce désir, M. Wolff a partagé sa carte en compartiments de 25 milles carrés ; il a cherché dans ses six tableaux la hauteur moyenne de chacun de ces compartiments, et en a déduit des résultats hypsométriques généraux, pour trois grandes divisions dirigées de l'est à l'ouest, et comprenant, la première

ou la plus septentrionale, l'espace qui s'étend depuis les côtes de la mer Baltique et de la mer du Nord jusqu'au parallèle de Breslau, de Leipsig, de Cassel et d'Elberfeld (lat. 54°,7′—51°,20′); la seconde, l'espace compris entre 51°,20′ et 48°, c'est-à-dire jusqu'au parallèle de Vienne, de Schaffouse et de Fribourg en Brisgau; enfin, la troisième, la région des Alpes allemandes, sans compter celle des Alpes suisses, depuis 48° jusqu'à 45°,48′. Ce sont, en tout, 13275 milles géographiques carrés, qui ont été mesurés avec le plus grand soin (35). M. Wolff a suivi pour ces calculs différentes méthodes. La dernière, dont nous donnons ici les résultats, est l'application de la formule communiquée par mon vieil ami, le général Baeyer, le collaborateur de Bessel pour la mesure du degré que ce savant a exécutée dans la partie orientale de la Prusse (36). Soient $h_1, h_2, h_3 \ldots$ les hauteurs moyennes ou arêtes, $f_1, f_2, f_3 \ldots$ les surfaces des zones, et x la hauteur moyenne de la masse répartie proportionnellement sur la surface de toutes les zones, on aura :

$$x = \frac{h_1 f_1 + h_2 f_2 + h_3 f_3}{2(f_1 + f_2 + f_3 + \ldots)} + \ldots$$

D'après cette formule, le lieutenant Wolff a obtenu les résultats suivants :

CONTRÉES.	SURFACE évaluée en milles géographiques carrés.	HAUTEUR moyenne en pieds.	MILLES géographiques cubiques.
I. Zone du nord. . . ,	4821	597	63,624
II. Zone du centre. . .	5235	1743	201,917
III. Zone du sud. . . ,	3219	5151	372,518

De là il résulte que si pour la seconde et la troisième zone, où il n'existe point de côtes, on ramène au niveau de la mer les points les moins élevés, c'est-à-dire ceux d'où partent les triangles de profil, on obtiendra comme limite inférieure de la hauteur moyenne du sol :

I. Zone du nord. . . .	299	pieds ou	97m,11
II. Zone du centre. . .	872	—	283 ,24
III. Zone du sud.	2576	—	836 ,75

Cette méthode donne pour la hauteur moyenne de toute l'Allemagne, en laissant à part la Suisse, 1076 pieds ou 349m,30. Mais si l'on prend pour point de départ, dans les mêmes zones, la hauteur moyenne du sol sur les terrasses situées au premier plan, on obtient comme limite supérieure pour la seconde et la troisième zone, car il n'y a rien de changé dans la première :

II. Zone du centre. . .	1021	pieds ou	331m,64
III. Zone du sud. . . .	3086	—	1002 ,43

Ce qui donnerait pour la hauteur moyenne de l'Allemagne 1259 pieds ou 408m,9. Ainsi la véritable hauteur moyenne de l'Allemagne, sans la Suisse, tombe très-vraisemblablement entre les deux limites de 1076 et de 1259 pieds ou 349 et 409 mètres. En combinant les deux résultats on trouve :

I.	Zone du nord. . . .	299 pieds ou	97m,11
II.	Zone du centre. . .	946 —	307 ,28
III.	Zone du sud	2831 —	919 ,60

Ce qui donne pour l'Allemagne 1168 pieds ou 379m,3. Ainsi les deux limites oscillent en moyenne de 1/12, et l'altitude moyenne de l'Allemagne est supérieure de 107 mètres, c'est-à-dire environ de 1/3 à celle que nous avons trouvée pour la France ; résultat que l'on pouvait prévoir d'après la puissance de la chaîne des Alpes dans le Tyrol, dans le Saltzbourg, dans la Styrie, dans la Carniole et dans les Alpes grecques, et d'après les autres groupes de montagnes distincts qui se propagent en grand nombre jusque dans la zone septentrionale.

Longtemps occupé vers la fin du dernier siècle, à prendre des mesures de hauteur en Espagne, sur les routes aboutissant de Barcelone, de Montserrat, de Valence, des Llanos de Almanza, de Madrid, de l'Escurial et d'Astorga à la Corogne, je publiai deux profils de la contrée entière, avec l'orientation des projections verticales partielles. J'évaluai alors la hauteur moyenne de la Péninsule à 585 mètres ou

1806 pieds. A cinquante ans de distance, un géologue ingénieux, M. de Verneuil, ayant rassemblé toutes les mesures qui avaient été prises depuis, la hauteur moyenne de l'Espagne s'est trouvée être de 711 mètres ou 2190 pieds, c'est-à-dire que le nombre s'est accru de 1/7 (37). Les résultats concernant les trois pays limitrophes sont très-frappants à première vue :

Hauteur moyenne	de l'Allemagne.	379m	(1168 p.)
—	de la France. .	269	(828 p.)
—	de l'Espagne. .	711	(2190 p.)

La comparaison de ces chiffres montre tout d'abord qu'un vaste plateau, prolongé sans interruption, produit beaucoup plus d'effet sur la hauteur moyenne d'une contrée que les chaînes de montagnes dont les cimes neigeuses s'élèvent à une hauteur immense, mais qui présentent la forme d'une muraille, et n'ont jamais qu'une épaisseur peu considérable. La mer a englouti, dans la péninsule Ibérique, presque tout ce qui n'appartenait pas aux hautes plaines ; de là la ressemblance qui existe entre mes profils de l'ancienne et de la nouvelle Espagne, non pour les hauteurs absolues, mais pour la configuration du sol. L'Allemagne, traversée au midi par la chaîne des Alpes, a vers le nord plus de 4800 milles géographiques carrés, formant le tiers de sa surface, qui sont couverts de plaines à peine élevées en moyenne de 300 pieds au-dessus du niveau de la mer. Je puis, pour l'Espagne, indiquer les points

suivants, qui aideront à se représenter le caractère du sol à l'intérieur du pays. Madrid est située à 635 mètres (1955 pieds), Ocaña à 704 mètres (2166 pieds), Valladolid à 682 mètres (2199 pieds), Burgos à 880 mètres (2608 pieds), Astorga à 727 mètres (2237 pieds), Zamora à 575 mètres (1769 pieds), Guadalaxara à 666 mètres (2049 pieds), Aranjuez, sur le Tage, à 474 mètres (1458 pieds), Miranda del Ebro à 460 mètres (1416 pieds).

Si l'on évalue à 12 toises l'exhaussement général produit par le plateau de la péninsule ibérique, dont la surface, égale à 13800 lieues marines carrées, est élevée de 300 à 330 toises(38); si de plus l'on considère que l'effet produit par les montagnes de la Scandinavie et de l'Allemagne septentrionale, par les Karpathes et les Apennins, qui sur quelques points, tels que le grand Passo et le Monte-Velino, atteignent une si grande hauteur, doit être au moins quintuple de celui des Alpes, on obtiendra, pour l'Europe entière, une élévation de 105 toises ou 205 mètres, en comptant 65 toises de hauteur primitive pour les 158000 lieues marines carrées (88480 milles géographiques carrés) des plaines de la Baltique, de la Sarmatie et de la Russie (39), et quelque chose de plus pour les basses terres de la France, de l'Angleterre et de la Hongrie.

II. Amérique du Sud.

La configuration orographique des deux parties qui composent le Nouveau-Continent est extrêmement simple, et il en résulte naturellement un peu plus d'exactitude dans les indications numériques dont elles sont l'objet. L'Amérique du Sud a 571000 lieues marines carrées. La chaîne des Andes, soigneusement mesurée depuis le détroit de Magellan jusqu'à l'isthme de Panama, en occupe environ 59000. Cette chaîne s'abaisse d'une manière tellement sensible que, sur de longs espaces, elle reste au-dessous de la région des neiges éternelles. De plus, elle est divisée en deux ou trois chaînes ou *cordilleras* par des vallées longitudinales creusées à une grande profondeur. Ces vallées, dont le sol n'a quelquefois qu'une hauteur peu considérable, font que la masse des Cordillères est en réalité inférieure à ce qu'elle paraît être sur nos cartes (40). Bien que la crête moyenne des Andes, déterminée d'après les passages les moins élevés, atteigne au moins 1850 toises ou 3605 mètres, il est prudent, pour les raisons que nous avons indiquées déjà, de n'assigner à toute la longueur du prisme triangulaire, représentant la chaîne des Andes, qu'une hauteur moyenne de 1250 toises ou 2435 mètres. L'exhaussement produit par la répartition des Andes sur toute la surface de l'Amérique méridionale est de 64',6; il serait de 81',2, si la répartition s'opérait seulement sur les plaines

situées à l'est de la chaîne, et qui réunies occupent une surface de 424600 lieues marines carrées : à savoir, les plaines qui forment le bassin du fleuve des Amazones (260400 lieues mar. carrées), les Pampas du Rio de la Plata et de la Patagonie (135200 lieues mar. carrées) ; enfin celles qui bordent le cours inférieur de l'Orénoque, le Meta et le Guaviare. On pourrait s'étonner au premier abord qu'une chaîne de montagnes qui, du détroit de Magellan jusqu'au point où elle se rattache à la chaîne côtière de Venezuela, n'offre en définitive qu'une longueur de 1460 lieues marines, sans compter, à la vérité, des flexions d'ailleurs peu considérables, occupe une surface de 59000 lieues marines carrées, ce qui suppose une largeur moyenne de 40,4 lieues. Or aux endroits où les Cordillères ne forment que deux chaînes parallèles, séparées par un plateau, comme, par exemple, entre les nœuds de Loxa et de Los Pastos, la largeur du relief entier ne dépasse pas ordinairement 10 à 14 lieues marines. Mais si l'on examine avec plus d'attention la grande carte que j'ai dressée des Cordillères (41), on remarquera nécessairement les endroits où les chaînes de montagnes se renflent et s'élargissent, de manière à former de puissants contre-forts. Tels sont, par exemple, les promontoires de Cordova, de Salta et de Jujuy qui présentent, à l'est et au nord-est de Mendoza, une surface de 16000 lieues marines carrées ; un plateau de 14800 lieues marines carrées situé entre Potosi, le promontoire de Cochabamba et le nœud de Cuzco, et qui enferme le lac de Titicaca ; les hautes plaines de

Pasco et de Huanuco, où les Andes se divisent en trois branches; le large nœud qui sépare Caxamarca et Loxa; le gonflement de la province de Los Pastos, qui se prolonge jusqu'à Timana et Popayan; les plateaux compris entre les trois chaînes dont la divergence est si marquée, depuis les sources du Rio Cauca et du Rio Magdalena jusqu'à Santa-Rosa et Pamplona; une autre masse puissante de 5000 lieues marines carrées, qui remplit une portion considérable du territoire de la Nouvelle-Grenade ou république de Cundinamarca; enfin le gonflement situé entre la Sierra-Nevada de Merita et le Grita. Si diminuant d'un quart environ la surface occupée par la chaîne des Andes, on la réduisait à une aire de 45000 lieues carrées, l'exhaussement général de l'Amérique méridionale serait aussi diminué de 15 toises, c'est-à-dire qu'il serait encore de 49',6. Si au contraire on ajoute 12 toises pour les petits groupes de montagnes situés à l'est des Cordillères (42), pour la chaîne côtière de Venezuela, la Sierra Parime, voisine du haut Orénoque, et les plateaux du Brésil, et si l'on évalue à 100 toises la hauteur moyenne des basses terres, on obtient pour le centre de gravité du volume de l'Amérique méridionale une hauteur de 177 toises ou 345 mètres au-dessus du niveau actuel de l'Océan.

La surface servant de base à toute la région montagneuse des Andes, à la chaîne côtière de Venezuela, au plateau du Brésil et à la Sierra-Parime, qui suit le cours inférieur de l'Orénoque, comprend environ

92000 lieues marines carrées. L'élément qu'introduisent à leur tour dans la masse des montagnes les basses terres, qui forment cependant des plateaux élevés d'une certaine hauteur au-dessus du niveau de l'Océan, exige une correction de 19 toises seulement à deduire de la hauteur admise comme hauteur primitive. C'est la rectification dont j'ai parlé au commencement de ce chapitre, et qui pour l'Europe ne serait que d'un petit nombre de toises. Les plaines de l'Amérique méridionale, situées dans l'hémisphère du sud, ont, de l'est à l'ouest, une inclinaison ascendante si peu sensible, que, près de Tomependa (lat. 5° 31′), dans la province de Jaen de Bracamoros, la partie de ces plaines qui s'adosse au versant oriental des Andes n'a pas plus de 207 toises ou 403 mètres de hauteur verticale (43).

III. Amérique du Nord.

La surface de l'Amérique septentrionale comprend environ, depuis l'isthme de Panama jusqu'au détroit de Barrow, 607000 lieues marines carrées, sur lesquelles 328000 environ, situées entre les Alleghanys et les Rocky-Mountains, dans les possessions anglaises du Canada et de la Nouvelle-Galles, dans le Labrador et dans les contrées septentrionales où se sont réfugiés les Indiens, sont remplies par des plaines ou savanes qui se prolongent presque sans interruption. Les masses à répartir sur les basses terres, dans l'opération hypsométrique qui nous oc-

cupe, sont : 1° les hautes plaines et la partie montagneuse du Mexique et de l'État de Guatemala ; 2° les Rocky-Mountains, le puissant prolongement des montagnes qui traversent le Nouveau-Mexique, sous le nom de Sierra de las Grullas ; 3° la chaîne des Alleghanys, fort longue mais peu élevée. La surface du Mexique et de l'État de Guatemala est de 93000 lieues marines carrées, sur lesquelles la base de la partie montagneuse en occupe 42000, et 48000 en y joignant les Rocky-Mountains. La chaîne mexicaine des Andes s'abaisse depuis le 18° et le 19° parallèle, c'est-à-dire à partir du volcan d'Orizaba, haut de 5295 mètres, et du Popocatepetl, qui en a 5400, jusqu'à Santa Fe et Taos dans le Nouveau-Mexique, à tel point que nulle part elle n'atteint la limite inférieure des neiges éternelles, bien que cette ligne s'abaisse rapidement vers le nord (44). Dans les expéditions de 1842 et de 1844, le savant et courageux colonel Frémont a gravi, dans le groupe des Wind-River Mountains, par 43°,10′, une cime de 4135 mètres, que le colonel Abert a nommée sur sa grande carte *Fremont's Peak*. Les investigations et les mesures du colonel Frémont embrassent l'immense contrée qui s'étend depuis le confluent du Kanzas-River et du Missouri jusqu'aux chutes d'eau du Colombia et aux missions de Santa Barbara et de Pueblo de los Angeles, dans la haute Californie ; c'est-à-dire un espace de 28° de longitude ou de 340 milles géographiques, entre les 34° et 45° parallèles. 400 points ont été mesurés à l'aide du baromètre et le plus souvent aussi astronomique-

ment, de façon que l'on a pu représenter en profil une étendue de pays qui, depuis l'embouchure du Kanzas-River jusqu'au fort Vancouver et aux côtes de la mer du Sud, n'a pas, en tenant compte des sinuosités de la route, moins de 900 milles géographiques; c'est presque 180 milles de plus que la distance de Madrid à Tobolsk. Sous les latitudes moyennes de 37° à 43°, les Rocky-Mountains offrent, outre de grandes cimes neigeuses, comparables pour la hauteur au pic de Ténériffe, des plateaux d'une telle dimension qu'on n'en trouverait de semblables en aucun autre lieu de la terre. Ces plateaux ont, dans la direction de l'est à l'ouest, une étendue presque double de celle des plateaux mexicains, dont j'ai donné les mesures et le profil. Depuis le groupe de montagnes qui commence un peu au nord du fort Laramie, jusque par delà les *Wahtsach Mountains*, il existe un renflement non interrompu du sol, qui varie de 1600 à 2300 mètres au-dessus du niveau de la mer. Cet espace, nommé *the great Basin*, qui forme une vaste vallée longitudinale entre les Rocky-Mountains et la chaîne neigeuse qui borde les côtes de la Californie, est plein de lacs salés, dont le plus grand, désigné, dans une grande carte du Mexique, sous le nom de Laguna de Timpanogos, a une hauteur de 1280 mètres (45).

En attribuant aux masses montagneuses du Mexique et du Guatemala, ainsi qu'aux Rocky-Mountains, une hauteur moyenne de 800 toises ou 1560 mètres, l'exhaussement du sol dû à ces montagnes serait de

31 toises ou 60 mètres seulement; mais si l'on considère la longueur du plateau mexicain, tel qu'il est représenté dans les profils de mon Atlas de la Nouvelle-Espagne, on est tenté d'augmenter cet effet d'un tiers au moins, et de le porter à 42 toises (81 mètres). Les Alleghanys ou Apalaches, partagés en chaînes parallèles de formation silurienne et dévonienne, et de calcaire houiller (46), occupent une surface de 2700 lieues marines carrées, et ont une hauteur moyenne de 400 toises (780 mètres); ils donneraient à peine un exhaussement de 1 toise. La hauteur primitive des basses terres (47), diminuée de la quantité qu'il convient de retrancher en raison de l'effet de réaction produit par la hauteur des plaines sur la base des masses montagneuses, est de 74 toises (144 mètres); par conséquent la hauteur moyenne de l'Amérique septentrionale peut être évaluée à 117 toises (228 mètres). L'Amérique méridionale nous a déjà donné pour résultat 177 toises (344 mètres). Mais comme les deux parties du nouveau continent ne sont point d'égale étendue, que l'une a une surface de 571000 et l'autre de 607000 lieues marines carrées, il en résulte que le centre de gravité de leurs volumes réunis ne doit point être placé au-dessus de 146 toises ou 285 mètres.

IV. Asie.

La surface de cette partie du monde à laquelle l'Europe, en raison de la division de ses côtes et de la douceur de sa température, semble se rattacher comme une presqu'île avancée, comprend

1346000 lieues marines carrées ; les plaines de la Sibérie en occupent à elles seules environ 400000. Les grandes masses dont il est nécessaire de considérer la surface et l'élévation, pour évaluer d'une manière approximative la hauteur moyenne de cet immense continent, sont : 1° cette vaste intumescence du sol, que les géographes chinois, habitués à tout décrire en détails, ont désignée sous le nom de Gobi ou de Schamo (48), et qui s'étend sans interruption dans la direction du sud-ouest au nord-est, depuis le Turkestan oriental appartenant aux Chinois, ou petite Bulgarie, jusqu'au nœud de Kentei, près de l'une des sources du fleuve Amour ; 2° les quatre grandes chaînes parallèles de l'Altaï, du Thian-Schan ou Montagnes Célestes, dont la chaîne volcanique du Caucase semble former le prolongement occidental par delà la grande concavité aralo-caspienne, du Kouen-Lun ou A-neou-tha et de l'Himalaya qui se dirige vers le Kouen-Lun comme un filon croiseur, jusqu'à l'endroit où les deux chaînes, coupées par la faille méridienne du Bolor, reprennent leur course de l'est à l'ouest, sous le nom d'Hindou-Kho, toujours suivant les axes de leurs soulèvements, et se dirigent vers Hérat, à travers le Caboulistan (49) ; 3° les chaînes méridiennes, alternantes comme des failles de filons (50), qui se prolongent parallèlement avec de fréquentes interruptions depuis la mer Glaciale jusqu'au plateau des Nilgherrys ou Montagnes Bleues, près du cap Comorin ; et parmi lesquelles on distingue la chaîne de l'Oural ; le plateau de l'Oust-Ourt, situé entre le lac d'Aral et la mer Caspienne ;

le Kosyourt qui s'étend depuis le cours supérieur du Tchoui jusqu'au Syr ou Oxus; le Bolor; la chaîne de Soliman; les Ghates de Malabar, et en avançant vers l'est de 50 degrés, les chaînes méridiennes inclinées du sud-sud-ouest au nord-nord-est, qui s'interrompent et renaissent sous les noms de Stanowoi-Khrebet, de Khingan-Petscha, de chaînes du Birman et de Malacca, à l'est de l'Iraouaddi; 4° les intumescences partielles du sol, telles que l'espace qui forme, entre les chaînes de l'Himalaya et du Kouen-Lun, le Thibet oriental et occidental, borné par les méridiens de Hlassa (haut. présumée 2900 mètres), des lacs sacrés (haut. 4570 mètres), de Ladak (haut. 3046 mètres) et de Dotsruh (haut. 3960 mètres); ou bien encore les massifs situés d'ordinaire près de l'intersection des systèmes de montagnes qui suivent des directions très-divergentes; tels sont: le plateau volcanique de l'Ararat caucasien, dont un habile observateur, Abich, a estimé la hauteur de 5 à 6000 pieds, et qui partant de la chaîne de Murow et de Kondurgagh (haut. 3748 mètres), située à l'est du lac Goktschai, passe devant le pied du grand Ararat (haut. mesurée trigonométr. par Federow, 4566 mètres), traverse le Djarlydagh dans le système trachitique du Cargabassar et se dirige vers Erzeroum (haut. 1896 mètres); le plateau qui entoure Ardebil en Perse (haut. moyenne 1372 mètres) et qui s'étend à l'est du lac Urmia (haut. 1523 mètres) et au nord de la chaîne des Zagros; le haut désert d'Iran compris entre la chaîne de Zagros et la chaîne Kanda, et qui, élevé près

d'Isfahan de 1340 mètres, n'en a plus que 682 autour du Jezd et du lac Zarah. Les plateaux du Beloudschistan, de Mysore et de Nilgherry, qui n'ont pas moins de 2144 mètres de hauteur moyenne bien que la montagne la plus élevée, le Dodabetta, ne dépasse pas 2565 mètres; enfin le désert qui remplit presque toute la partie intérieure de la péninsule arabique, entre les chaînes méridiennes de l'Hadschaz et d'Oman, et où, d'après Wellsted, la cime boisée du Dschebel-Akhbar, située à l'ouest de Mascat, a 1950 mètres de hauteur.

En considérant le Gobi qui s'étend sur un espace de 42000 lieues marines carrées, entre 85° et 116° de longitude, comme un plateau et un prisme dressé sur l'une de ses bases triangulaires, et en évaluant sa hauteur à 1300 mètres, on obtiendrait, en répartissant cette masse sur la surface entière de l'Asie, un résultat de 20',8 seulement. Grâce à la disposition que l'on avait généralement autrefois à exagérer les altitudes au-dessus du niveau de la mer, et à confondre les hauteurs moyennes des chaînes de montagnes ou des intumescences du sol avec les cimes isolées (51), on a assigné au désert de Gobi, d'après les mesures des Pères Gerbillon et Verbiest, dont une partie à la vérité a été mal comprise, une hauteur de 7500 à 8000 pieds (2436 à 2598 mètres). Pallas renchérissant encore, portait son estimation à plus de 9000 pieds. Lors du nivellement barométrique exécuté par deux membres de l'Académie de Saint-Pétersbourg, Bunge et George Fuss, qui accompa-

gnèrent à Pékin, en 1831, des missionnaires du rit grec, pour y établir une station magnétique, le plateau de Gobi a été relevé, dans la direction du nord-nord-ouest ou sud-sud-est, entre le gouvernement d'Irkoutsk et la muraille de la Chine, à l'endroit où elle coupe la montagne connue sous le nom d'Ourang-tchai-Dabahn. La hauteur moyenne du sol a été évaluée à 4000 pieds (1300 mètres) tout au plus; c'est environ la hauteur du plateau de l'Iran, entre Téhéran et Isfahan, et à peine 800 pieds de plus que le petit plateau au milieu duquel est construit le palais de l'Escurial, sur la limite des deux Castilles. La partie centrale du Gobi, entre Ergi, Oude, Durma et Charaburghuna, s'abaisse au point de n'avoir plus qu'une hauteur de 780 mètres (52). Dans les anciennes traditions chinoises, cette espèce de bas-fonds, au milieu duquel se trouvent encore quelques lacs salés, est appelé l'ancienne mer desséchée. C'est même une croyance populaire, surtout en Corée, qu'il est possible, en creusant un canal, de livrer passage à la mer orientale et d'inonder la Mongolie et une grande partie de la Sibérie russe. Singulier contraste entre ces imaginations et celles que l'on se faisait jadis en Europe sur la configuration de l'Asie septentrionale.

Je ne doute pas que le soulèvement du plateau de Gobi, dirigé du sud-ouest au nord-est, ne soit antérieur au soulèvement des chaînes méridiennes ou parallèles à l'équateur, et contemporain de la dépression aralocaspienne. A l'ouest et au nord-ouest, je considère le Gobi comme limité par une ligne qui longeant

le 20e degré de longitude et le 37e de latitude, passerait entre Khotan et Keria ou Keldia à l'est du fleuve Khaschgol, suivrait la rive droite du Tarim-Ghol et du lac Lop dans la partie orientale de la province Pidjan, et traverserait l'oasis de Khamil ou Hami et les ruines de l'ancienne ville de Karakhorum pour aller aboutir à Ourga et à la contrée habitée par les Khalkas du Tsetsen-Khan. A l'est, le Gobi est borné par les montagnes de Tangout, la ville de Schatscheou, le pays des Ordos et la chaîne de Khangkai (53). Outre l'oasis de Khamil, il faut retrancher de l'espace ainsi circonscrit le pays cultivé qui s'étend le long du Bouloun-ghir-ghol et renferme les villes de Ngan-tscheou et de Son-tscheou. J'ai pris pour base de ces déterminations astronomiques la carte entreprise par les ordres de l'empereur Khian-Loung.

D'après les cartes de l'Asie publiées en 1833 par Grimm, l'intumescence comprise entre l'Himalaya et le Kouen-Lun, depuis le 28e jusqu'au 36e parallèle, occupe, en y joignant ces deux hautes chaînes de montagnes, une surface de 41800 lieues marines carrées. Ce relief s'étend depuis 92° 25′ de longitude, c'est-à-dire depuis l'inflexion puissante du Yarou-Dgangbo-Tscheou, que l'on considérait, avant les recherches de Klaproth, comme la partie supérieure du Brahmapoutra (54), jusqu'à 71° 40′, c'est-à-dire jusqu'au méridien qui passe entre Gilgit et Schitral à l'ouest du petit Thibet, près de l'endroit où l'Himalaya, le Kouen-Lun et la chaîne de Bolor se réunissent au sud de Tsoungling, et forment un nœud de montagnes,

haut de 18000 pieds. Hodgson, dans son récent Traité sur la géographie physique de l'Himalaya, estime la longueur de la chaîne, depuis Gilgit jusqu'à Brahma-Kound, de 1800 milles anglais; sa largeur, variant de 70 à 110 milles, est évaluée en moyenne à 90; mais dans ce calcul ne sont pas compris le grès de la région des Dhuns, l'aride Saul-Forest ou Baver, ni les marais du Taraï. Suivant Hodgson, la hauteur moyenne de l'arête est comprise entre 10000 et 16000 pieds anglais (2046-4872 mètres). Si, dans mon *Asie centrale*, je n'ai pas attribué au plateau compris entre l'Himalaya et le Kouen-Lun plus de 1800 toises (environ 3500 mètres), j'avais été conduit à ce résultat en comparant l'espace de 120 milles géographiques carrés qui s'étend autour des deux lacs sacrés de Manasarovar ou Mapan et de Rakas-Tal, appelé aussi Rawanhrad et Tscho-Logan, et dont tout récemment Strachey a évalué la hauteur à 14310 pieds par le point d'ébullition de l'eau, avec les hauteurs de Schipke (9442 pieds), de Ladak ou de Leh, ville élevée de 9378 pieds au milieu d'une plaine qui en a 12600, et d'Iscardo (5910 pieds). J'avais cru devoir tenir compte aussi de la culture de la vigne, fort répandue à Hlassa, dans la région de l'est, aussi bien qu'autour de Dabling, de Kanoum et de Pangi, et qui indiquait une élévation peu considérable. Pour déterminer la hauteur moyenne du Thibet, il est nécessaire de considérer en même temps les trois parties dont il se compose. Le Thibet supérieur ou Thibet oriental, où est située la ville de Hlassa; le Thibet moyen, dans lequel se trouve la

ville de Ladak, et le petit Thibet ou Baltistan qui comprend la ville d'Iscardo. C'est dans le méridien des lacs sacrés, à l'endroit où s'élève le groupe colossal des monts Kylas, presque au milieu par conséquent de l'axe longitudinal du Thibet, que l'axe de la haute plaine qui détermine la ligne de partage des eaux se dirige perpendiculairement entre les sources du Dzangbo, du Sutledge et de l'Indus qui courent, le premier vers l'est, les deux autres vers le nord-ouest (55).

En évaluant, dans son ensemble, le volume des plateaux du Thibet et de Ladak, je n'ai point mis à part les montagnes qui s'élèvent sur ces plateaux mêmes et en resserrent l'étendue. Les chaînes de l'Himalaya et du Kouen-Lun réparties sur la surface entière de l'Asie en éleveraient à peine la hauteur moyenne de 56^t,6 (56). Si malgré le peu de différence entre l'espace qu'occupent ces chaînes et la base du prisme qui représente la chaîne des Andes, l'effet de ce relief colossal est moins grand pour l'Asie que pour l'Amérique méridionale, la cause en est bien simple, et tient à ce que l'aire de l'Amérique méridionale n'est que la moitié de celle de l'Asie.

Bien que ce soient les arêtes des chaînes de montagnes et nullement les cimes isolées qui exercent une influence efficace sur les calculs dont nous nous occupons dans ce Mémoire, il pourra cependant être agréable au lecteur de trouver ici les résultats les plus récents des mesures prises sur les points culminants de l'Himalaya (57). L'incertitude de la synonymie, les

nombreuses variantes introduites dans les dénominations par la faculté de changer arbitrairement les voyelles, et les réductions inexactes des mesures ont été l'occasion d'erreurs nombreuses :

Kintschinjinga (Kounschain-jounga, Kanschin, Kangschang). — Mesuré par le colonel Waugh : 28178 pieds anglais = 26439 pieds de Paris = 8588 mètres.

Dhawalagiri. — Résultat définitif encore incertain. D'après Hodgson, 27600 pieds anglais = 25897 pieds de Paris = 8412 mètres; d'après Webb, 28080 pieds anglais = 26345 pieds de Paris = 8558 mètres.

Jawahir ou Nanda devi. — 25749 pieds anglais = 24160 pieds de Paris = 7848 mètres.

Jamnoutri. — D'après Herbert, 25670 pieds anglais = 24084 pieds de Paris = 7823 mètres.

Gosainthan. — 24700 pieds anglais = 23176 pieds de Paris = 7528 mètres.

Choumalari. — 23929 pieds anglais = 22452 pieds de Paris = 7293 mètres.

Le plateau de la Perse, situé au sud du prolongement occidental de l'Hindou-Kho, a une surface de 27000 lieues marines carrées, et élèverait de 12 toises la hauteur moyenne de l'Asie : c'est un effet double de celui que produisent les chaînes étroites de l'Altaï et de l'Oural.

La presqu'île de l'Asie Mineure n'est pas beaucoup plus étendue que la France, mais elle est beaucoup plus montagneuse. Dans la Lycie et la Pamphilie, depuis le golfe de Macri jusqu'à celui d'Adaliya, la partie sud-ouest du Taurus, élevée jusque dans la région des neiges éternelles, est divisée d'une ma-

nière singulière par des crevasses dirigées du sud au nord. Dans la vallée du Taurus, qui s'abaisse vers la Cilicie, il existe des villages, comme Bach-Kichla, situés à des hauteurs de plus de 7300 pieds (2370 mètres). Depuis la Caramanie jusqu'à Érégli, la chaîne qui dans l'Akdagh s'élève à 9000 pieds de haut, oscille entre 36° 1/2 et 37° 3/4 de latitude. Plus à l'est, à l'endroit où elle se dirige à travers la Cilicie vers le Boulghar-Dagh, tout le système des chaînes parallèles du Taurus prend plus décidément la direction du sud-ouest au nord-est, pour se rattacher au plateau d'Erzeroum (lat. 38° 58′) et un peu plus tard au plateau de l'Ararat (lat. 39° 42′), qui joint l'Arménie au Caucase, et qui, à son tour, trouve un prolongement oriental par delà la dépression aralo-caspienne, dans l'Asferah et le Thian-chan (58). Déjà, sous le parallèle de 38° 30′, par 35° 18′ de longitude, un peu à l'est de Kaisaria, s'élève, presque isolément, comme les deux cimes de l'Ararat, le colossal Argæus. Ce cône volcanique, haut de 11824 pieds (3840 mètres), d'après la mesure barométrique de P. de Tchihatcheff, forme le centre d'un grand plateau trachytique, qui s'étend jusqu'à l'Ala-Dagh et au lac d'Érégli, et a 3000 pieds (975 mètres) d'altitude (59). C'est à l'intérieur de ce plateau qu'est située la plaine la plus vaste et la moins interrompue de toutes celles que présente l'Asie Mineure, plaine qui est elle-même un plateau couvrant toute l'ancienne Lycaonie, sans compter des parties de la Phrygie et de la Galatie, et qui, en raison de sa situation et de son étendue, a mérité

d'être appelé le plateau Lycaonien. Cette plaine entoure le grand lac salé de Touz-Gheoul, situé à une hauteur de 2755 pieds ou 895 mètres (60). Moins vaste, mais plus élevé et d'un niveau moins égal, le plateau d'Ouzounyaila s'élève à l'ouest de Grivas, près du cours supérieur de l'Halys ou Kizil-Irmak. Là aussi on retrouve des villages situés à 5000 et 5500 pieds de hauteur (1624-1786 mètres). La connaissance hypsométrique du relief de l'Asie Mineure a fait de rapides progrès depuis quelques années, grâce à l'activité d'un voyageur éminent, P. de Tchihatcheff, qui aux 150 points mesurés jusqu'à lui par Ainsworth, Williams Hamilton, Texier et Fellows, en a ajouté plus de 700. Il regrette l'inégale répartition de ces stations, dont la cinquième partie est concentrée sur le territoire peu étendu de l'ancienne Galatie, et arrive à cette conséquence qu'il rend vraisemblable, à savoir, que d'après l'état actuel de nos connaissances, en supposant que la partie de la péninsule couverte de hautes montagnes est aux plaines dans le rapport de 20 à 1, la hauteur moyenne du sol est de 500 mètres (1539 pieds) au-dessus du niveau de la mer. Cette hauteur serait, à la vérité, double de la hauteur moyenne de la France, et d'un tiers plus grande que celle de l'Allemagne entière, dont les contrées septentrionales sont si peu accidentées; mais elle serait fort inférieure à celle de l'Espagne. Dans tous les cas, et Tchihatcheff en fait lui-même la remarque, l'estimation de 500 mètres ne peut être considérée que comme un nombre limite (61).

Nous avons trouvé ci-dessus pour la hauteur moyenne de la partie méridionale et montagneuse de l'Allemagne, 920 mètres (2831 pieds); c'est à peu près l'évaluation que Laplace avait adoptée pour la hauteur moyenne des continents.

La partie montagneuse de la Chine occupe au moins un espace de 54400 lieues marines carrées. Plusieurs sommets de montagnes s'élèvent, sous une latitude très-méridionale, jusque dans la région des neiges éternelles. Si cependant on considère l'ensemble du système, on ne peut lui attribuer une hauteur moyenne de plus de 5000 à 6000 pieds, qui, réparti sur le sol de la Chine, l'exhausserait à peine de 16 toises. A ces résultats peu sûrs se joignent ceux que l'on a obtenus, sans plus de certitude, sur les hautes plaines de l'Arabie, du Candahar et du Beloudschistan, dans la partie orientale duquel le plateau de Khelat atteint une élévation de 7800 pieds. Tandis que les hautes terres qui avoisinent les monts Nilgherry et le plateau de Mysore n'offrent relativement qu'une étendue peu considérable, la grande Buckarie, arrosée par l'Oxus et l'Iaxartes, occupe, sur un sol sillonné par des ondulations très-inégales, un espace de 240000 lieues marines carrées. Si l'on évalue la hauteur moyenne de ce soulèvement à 1020 pieds (331 mètres), ce qui me paraît, à vrai dire, fort exagéré, d'après toutes les mesures réelles que j'ai pu recueillir (62); on n'obtiendra encore, en répartissant cette vaste intumescence sur la surface entière de l'Asie, qu'un exhaussement de 180 pieds (58 mètres).

De tous ces calculs partiels il résulte que si l'on évalue en moyenne à 240 pieds (78 mètres) la hauteur primitive des basses terres de l'Asie (63), le centre de gravité du volume se trouvera placé, pour l'ensemble du continent asiatique, à 1080 pieds (350 mètres) au-dessus du niveau de l'Océan.

Ce travail, qui m'a tenu longtemps occupé, et a été publié pour la première fois il y a dix années seulement, ne saurait être considéré que comme un premier essai tenté dans le champ, complétement négligé jusque-là, de la géognosie stéréométrique. Il n'en faut naturellement attendre que des approximations ou des nombres limites; mais peut-être aussi indiquera-t-il la méthode par laquelle on pourra, à la condition de déterminer plus exactement les surfaces et les hauteurs, obtenir peu à peu des résultats plus certains. Le tableau suivant présente les nombres auxquels nous sommes parvenus :

	Lieues marines carrées.	Hauteur en toises.	Hauteur en mètres.
Asie.	1346000	180	350
Amérique du Sud. .	571000	177	345
Amérique du Nord.	607000	117	228
Continent américain.	1178000	146	284
Europe.	304000	105	205

On retrouve dans ces nombres la trace de la dépression du sol ou du poids relativement peu considérable des soulèvements qui sillonnent les contrées septentrionales de l'Europe et de l'Amérique. Le prolongement de cette dépression dans le nord de l'Asie

est compensé par les vastes intumescences de ce continent, entre les parallèles de 28° 1/2 et de 45°. Je rappelle ici ce que j'ai dit ailleurs que, en raison de leur vaste étendue, les plateaux, même d'une médiocre altitude, agissent plus sur le centre de gravité des continents que les chaînes de montagnes qui n'ont jamais qu'une faible épaisseur, et que les points culminants ont peu d'importance relativement à la hauteur moyenne des lignes de faîte, plus difficiles malheureusement à déterminer. Bien que la cime la plus élevée des Pyrénées, le pic Nithou, n'ait que 10722 pieds (3483 mètres), et soit par conséquent inférieur de 4087 pieds au Mont-Blanc, la ligne de faîte des Pyrénées dépasse cependant de 300 pieds celle des Alpes. Le tableau précédent, qui fait ressortir les traits les plus saillants du relief de la terre, indique en même temps les contrées où les forces volcaniques, comprimées à l'intérieur du globe, ont réagi le plus puissamment contre l'écorce extérieure, et ont réussi à la soulever, soit sur une vaste étendue, soit d'une manière sporadique, dans quelques cimes isolées. Quant à ce qui concerne les 958000 lieues marines carrées dont se compose l'aire de l'Afrique, quant à l'Australie et au continent du pôle sud, j'ai dû, pour des raisons faciles à deviner, m'abstenir de toute évaluation. Il n'est point vraisemblable cependant que les données qui nous manquent soient de nature à apporter un changement notable dans la situation du centre de gravité auquel nous ont con-

duits nos calculs hypothétiques (64). On peut donc conclure des résultats indiqués plus haut que la hauteur moyenne de tous les continents ne dépasse pas beaucoup 157',8 (305m,9) au-dessus du niveau de l'Océan.

L'exemple de la Suède, dont le sol, en quelques parties, se soulève progressivement, ainsi que l'a fait voir avec beaucoup de précision Léopold de Buch, pourrait conduire à cette conjecture, que, dans le cours des siècles, la hauteur moyenne des continents ne reste pas constamment la même; mais il paraît que dans le mouvement général de l'écorce terrestre, ces soulèvements partiels ne sont que des compensations à des effets en sens contraire, tels que ceux qui se produisent en Finlande et dans la partie méridionale de la Scanie, et comme il s'agit d'ailleurs de déterminer le centre de gravité de volumes énormes, les changements partiels qui se produisent dans des contrées isolées ne sauraient avoir qu'un effet insignifiant.

Une des difficultés qui ne permettent guère d'apporter aux déterminations stéréométriques du genre de celles que j'ai entreprises toute la précision désirable, c'est l'immense étendue de régions qui ne peuvent être renfermées dans des cercles nettement circonscrits, et qui, çà et là, coupées par des sillons et des montagnes, entremêlées de plaines et de vallées, appartiennent en définitif aux basses terres. L'effet de ces régions sur l'exhaussement du sol est d'augmenter ce que j'ai appelé la hauteur primitive,

hauteur déduite d'observations partielles et très-peu nombreuses, mais qui cependant méritent confiance. Si l'on examine de plus près les causes d'erreur auxquelles on est exposé, elles ne me paraissent point de nature à influer d'une manière notable sur le résultat final. La *Carte de France*, ce grand monument de la géodésie moderne, nous présente un nombre considérable de coordonnées de hauteur appartenant à des plaines ondulées. Les nombres indiqués sur la carte prouvent que dans les lieux où des villes considérables sont bâties à peu de distance les unes des autres dans des sillons ou des vallées, les plateaux qui séparent ces sillons sont beaucoup moins élevés qu'on ne serait tenté de le croire, lorsque, par exemple, on traverse la Lorraine, en montant et en descendant alternativement des vallées sur les hauteurs et des hauteurs dans les vallées. Les nombres qui le plus souvent marquent en mètres la hauteur des collines et des plateaux sont 235, 260 et 270; rarement ils s'élèvent de 340 à 400; c'est à peine 100 mètres de plus que la hauteur primitive assignée plus haut aux basses terres de la France. Or, de ces 100 mètres répartis sur l'aire totale de la France, en tenant compte de la surface occupée par les hauteurs, il résultera un exhaussement de 20 à 25 mètres. Si maintenant nous passons en Asie, et si, embrassant une vaste région, sur laquelle nous manquons de renseignements précis, nous évaluons à 524000 lieues marines carrées l'espace rempli par la Chine, par les Indes cen-

trales et par les dépressions comprises entre l'Altaï et les Montagnes Célestes, si de plus nous supposons que cette contrée peut avoir, en raison des ondulations qui la sillonnent, 70 toises ou 136 mètres de plus que n'ont en moyenne les plaines de la Russie asiatique, ce nouvel élément, introduit dans le calcul, n'exhausserait pas de 1/7 le centre de gravité de l'Asie. Un pareil accroissement serait fort au-dessous de la limite des erreurs auxquelles il faut se résoudre dans la question que nous avons tenté d'éclaircir. Aucune difficulté ne doit nous faire reculer devant des problèmes qui touchent aux éléments les plus considérables de la géographie physique. Le seul moyen d'attirer l'attention des savants sur un objet de cette importance, et de préparer dans l'avenir des travaux plus satisfaisants, est de publier résolûment les résultats approximatifs auxquels nous avons pu parvenir, et d'indiquer les données numériques de hauteur et de surface qui peuvent nous manquer encore.

Frappé de l'extrême différence qui sépare mes résultats de ceux auxquels est parvenu l'auteur de la *Mécanique céleste*, j'ai fait appel, en 1828, cinq ans avant de publier cet écrit pour la première fois, à mon vieil ami Poisson. J'insère ici les remarques que ce grand mathématicien a bien voulu me communiquer :

« Laplace dit que la profondeur moyenne de la mer doit être une petite fraction de l'excès du rayon de l'équateur sur celui du pôle, excès qui serait

environ de 20000 mètres (65). Il reconnaît que les données sur lesquelles il s'appuie ne suffiraient pas pour établir nettement les limites entre lesquelles doit être compris le rapport de cette profondeur à cet excès ; mais il suppose que l'excès peut être de 1/20 et la profondeur de 500 mètres environ. Je ne crois pas que cela soit contraire à la théorie. Il dit encore que la profondeur moyenne de la mer est de même ordre que la hauteur moyenne des continents, qui ne dépasse pas 1000 mètres. Le mot *ordre* a un sens vague ; ici il doit signifier que le rapport entre la profondeur de la mer et la différence des rayons des deux axes, comparé au rapport de la hauteur à cette même différence, ne doit point être une fraction considérable ; que le premier rapport, par exemple, ne peut point égaler dix ou quinze fois le second ; mais les expressions de Laplace laissent croire que le premier rapport peut être double, triple et même quadruple du premier, toujours en supposant que la hauteur moyenne des continents et la profondeur moyenne des mers sont toutes deux très-peu considérables relativement à l'excès de l'un des deux rayons sur le second. Si dans la suite j'ai l'occasion de m'occuper théoriquement de cette question, tu peux facilement supposer que je serai fort heureux de trouver réunis des documents plus exacts que ceux dont disposait notre illustre maître. »

Si, comme cela est vraisemblable d'après ce que j'ai dit plus haut, la hauteur moyenne des conti-

nents ne dépasse pas 300 mètres, il est à présumer que, bien loin d'égaler à peu près la profondeur moyenne des mers, elle est au moins cinq ou six fois plus petite. On peut se hasarder à proposer un minimum pour la profondeur moyenne des mers, mais les données que l'on possède ne permettent absolument pas de la déterminer avec exactitude. Thomas Young croyait pouvoir déduire de la théorie des marées que la profondeur moyenne de l'Océan est de 4800 mètres (66); Laplace adoptait d'abord le nombre de 1600, mais il abandonna bientôt ce résultat. La surface du sphéroïde terrestre, dit-il, dans son *Exposition du Système du Monde* (67), serait à peu près celle de l'équilibre, si elle devenait fluide. De là et de ce que la mer laisse à découvert de vastes continents, on conclut qu'elle doit être peu profonde. Dans les expériences qui ont été faites pour déterminer le décroissement de la température dans la mer, Sabine, Lenz, Vauchope et Beechey ont jeté la sonde jusqu'à 900 et 1000 mètres, sans trouver le fonds. Un marin très-expérimenté, le capitaine Bérard, est parvenu à mesurer le fonds de la mer jusqu'à une profondeur de 1600 mètres, ce qui n'était pas encore arrivé, avec un cordon de soie épais d'un millimètre, qu'un homme pouvait facilement manier; c'est encore 180 mètres de moins que la hauteur du Canigou, et de plus le fil à plomb ne suit pas une direction parfaitement perpendiculaire. M. de Tessan, qui a proposé un moyen nouveau et fort ingénieux pour mesurer les profondeurs avec des bombes explosibles,

prétendait même prouver l'impossibilité de faire parvenir un fil à plomb à des profondeurs de 4000 ou 5000 mètres, ce qui est le maximum de profondeur que Daubuisson était disposé à admettre pour les abîmes de l'Océan (68).

Le gouvernement des États-Unis, qui s'est noblement imposé la tâche, dans ces derniers temps, de favoriser toutes les expériences ayant trait à l'astronomie et à la description physique de la terre, a chargé, depuis 1850, le *Bureau of Ordnance and Hydrography* de comprendre le lit de la mer parmi les objets qui devaient être spécialement étudiés sur les bâtiments de l'État, d'après les excellentes instructions du lieutenant Maury. Les capitaines Barron, Platt, Walsh et Taylor ont particulièrement signalé leur activité dans ce genre d'exploration (69). Goldsborough, dans la traversée de Rio-Janeiro au cap de Bonne-Espérance, a trouvé avec la sonde 17450 pieds (5368 mètres), par 27° de latitude australe, 31° 20′ de longitude occidentale (70) ; Barron a trouvé, en mai 1851, sur le *John Adams*, 27161 pieds (8823 mètres), par 32° 6′ de latitude boréale, 47° 7′ de longit. occident. Le lieutenant Walsh, sur le Schooner *Taney*, 32086 pieds (10422 mètres), par 31° 59′ de latit. boréale, 61° 3′ de longit. occid. (71). Toutes ces profondeurs ont été bien dépassées par celles qu'a découvertes le capitaine Denham, commandant le *Herald*, qui, le 30 octobre 1852, n'a atteint le fond de la mer, suivant le rapport du colonel Sabine, qu'à une profondeur de 7706 brasses ou

14091 mètres, par 36° 49′ de latit. australe, 39° 26′ de longit. occident. C'est environ 5500 mètres de plus que la hauteur du Kintschindjinga, la plus haute cime qui ait été mesurée jusqu'à ce jour dans la chaîne de l'Himalaya, et dont nous ne connaissons l'altitude que depuis le voyage de Joseph Hooker au Tibet. La cime du Kintschindjinga, élevé lui-même de 26438 pieds (8588 mètres) au-dessus du niveau de la mer est située ainsi à 22680 mètres, c'est-à-dire à plus de 3 milles géographiques du point de la surface terrestre déterminée par le capitaine Denham. Dans la Lune, la hauteur des plus hautes montagnes, Dœrfel et Leibnitz, au-dessus des plaines faussement appelées des mers, n'est que de 3800 toises ou un mille géographique. Le gonflement du sphéroïde terrestre, sous l'équateur, est à peine double de la hauteur à laquelle s'élève la cime du Kintschindjinga au-dessus du point le plus bas que l'on connaisse jusqu'à ce jour dans le fond de la mer ; la différence du diamètre équatorial et du diamètre polaire est en effet de 5,8 milles géographiques (1718,9 — 1713,1) en calculant les milles géographiques à raison de 3807',23 ou 7420m,40.

On voit dans Cléomède (72) et dans Plutarque (73) que les philosophes alexandrins se livraient déjà à ces comparaisons de hauteurs positives et négatives. Plutarque dit expressément, dans la Vie de Paul-Émile, à l'endroit où il mentionne la mesure du mont Olympe par Xénagoras et l'inscription qui fut gravée à cette occasion : « Les géomètres pensent qu'en aucun point

la hauteur des montagnes ni la profondeur de la mer ne dépassent dix stades. » Cléomède établit la même comparaison entre les hauteurs négatives et positives, mais il porte à 15 stades (environ 2770 mètres) les maxima des hauteurs et des profondeurs. « Ceux, dit-il, qui mettent en doute la forme sphérique de la terre, à cause des cavités de la mer et des montagnes, en jugent peu sensément, car il n'y a pas de montagnes qui aient plus de 15 stades de hauteur verticale, et telle est aussi la profondeur de l'Océan. » L'opinion, accréditée depuis fort longtemps chez les marins, et qui n'est pas fausse de tout point, à savoir, que la mer a la plus grande profondeur près des endroits où les côtes sont hautes et abruptes, peut avoir disposé de bonne heure les esprits à généraliser ces rapprochements entre les hauteurs des montagnes et les profondeurs de la mer.

XII

DESCRIPTION DES PLANCHES

CONTENUES

DANS L'ATLAS DES CORDILLÈRES DE QUITO ET DU MEXIQUE.

La configuration de grandes masses montagneuses, les contours si divers des hautes cimes, situées comme des bas-fonds au milieu des agitations de l'Océan atmosphérique, sont au nombre des éléments qui constituent ce que l'on peut appeler *la Physionomie de la Nature*. L'aspect des montagnes ne contribue pas moins que les formes, la grandeur et le groupement des plantes, non moins que les différentes espèces d'animaux, que la nuance de la voûte céleste et l'intensité de la lumière réfléchie, à déterminer le caractère du paysage et l'impression générale que l'homme reçoit des différentes zones de la terre. Mû et guidé à travers les contrées que j'ai parcourues par ces considérations que j'ai développées avec plus de détails dans mes *Tableaux de la Nature* (tome II, pages 1-243), j'ai retracé soigneusement les contours des volcans

et des nevados qui dominent les Cordillères mexicaines et les Andes de la Nouvelle-Grenade, de Quito et du Pérou. Pour donner à ces images l'exactitude désirable, et afin de pouvoir calculer approximativement le volume et la puissance des masses, j'ai mesuré avec le sextant les angles de hauteur de toutes les éminences, ainsi que les angles pris dans le plan horizontal et formés à des élévations différentes par le contour des montagnes. Le grand ouvrage dans lequel sont enfouis ces dessins (*Vues des Cordillères et Monuments des peuples indigènes de l'Amérique*, 1813) a eu le sort de toutes les publications de luxe, et est resté inaccessible au grand nombre, en raison de son prix élevé. J'ai donc cru bien faire en joignant à mes *Mélanges* un choix de ces gravures ramenées à de moindres proportions. Aux huit planches déjà publiées, j'en ai ajouté quatre nouvelles, parmi lesquelles se trouve l'image du *Nevado del Altar*, l'ancien Capac-Urcu, célèbre aujourd'hui par son écroulement, comme il l'était jadis par sa hauteur colossale, et dont il n'existait aucun dessin jusqu'à ce jour. Ces images fidèles des montagnes peuvent aussi, en se répandant, faire sentir plus vivement l'avantage qui résulterait pour la géologie et en général pour la description de la nature, si l'on représentait de vastes massifs de montagnes en eux-mêmes et dans leur isolement, non plus seulement comme servant de fond par hasard à un paysage au devant duquel s'épanouit une riche végétation. Les exigences scientifiques du géologue doivent naturellement dif-

férer de l'émotion artistique que peut faire naître la disposition pittoresque d'un paysage. En voyant des masses montagneuses, représentées telles qu'elles sont dans la nature, on se dégoûtera, j'espère, peu à peu de ces prétendues échelles comparatives, où les cimes juxtaposées, déchiquetées ou effilées en forme d'aiguilles, défigurent tant d'ouvrages d'ailleurs estimables. Je crois avoir montré, lorsque j'ai tracé les profils de toute la péninsule ibérique et du plateau mexicain, qu'il y a moyen de représenter des cimes colossales dans leur véritable hauteur et leur position géographique, en évitant les inconvénients que je signale. — Dans la liste suivante, je citerai les planches, qui, gravées depuis longtemps, ont été réduites pour l'Atlas joint à ce volume, sous les numéros qu'elles portent dans l'édition in-f° des *Vues des Cordillères;* je me référerai au contraire, pour les descriptions, à l'édition en deux volumes in-8°.

I. Le volcan *Pichincha*, vu de la vallée de Chillo. — Le cratère est contenu dans la partie neigeuse, appelée *Rucu-Pichincha*, et élevée de 14940 pieds (4854 mètres) au-dessus du niveau de la mer; la cime plus rapprochée, et qui pour cette raison paraît plus haute, est le *Guagua-Pichincha* (Voyez ci-dessus, pages 1-80, et *Vues des Cordillères*, planche LXI, et tome II, page 324). J'ai expliqué plus haut (page 26) le sens de ces deux dénominations distinctives, à savoir : *le vieux* et *l'enfant.* Dans la langue Qquechhua ou Quichua, généralement usitée au Pérou et que souvent l'on a appelée à

tort *la lengua del Inca*, *Rucu* signifie un vieillard (senex decrepitus, caducus); *Huahua* désigne l'enfant, fils ou fille.

II. Le *Cayambe-Urcu*, haut de 18170 pieds (5919 mètres). Bouguer et la Condamine ont altéré le nom de cette montagne et l'ont appelé Cayambur dans l'inscription gravée sur la table de marbre, qu'ils placèrent, en 1742, dans le Collége des Jésuites à Quito. *Urcu* ou *Orcco* signifie *montagne* dans la langue Qquechhua. J'ai dessiné cette montagne, le plus beau des Nevados que l'on aperçoive de Quito, dans la grande prairie ou *exido* d'Inaquito. L'équateur traverse le cône tronqué du Cayambe, qui ressemble pour la forme au volcan de Tolima, haut de 17190 pieds, et situé dans la Montana de Quindiu, au nord-ouest d'Ibague. Voyez les *Vues des Cordillères*, planche LXII, et tome II, pages 213-215.

III. *El Nevado del Corazon*, haut de 14820 pieds (4814 mètres), avec une des belles pyramides d'Ilinissa, que l'on aperçoit par derrière. — Le Corazon a joui d'une grande célébrité dans le dernier siècle, grâce à la Condamine et à Bouguer, qui s'étaient vantés d'avoir vu sur cette montagne le baromètre descendre plus bas que jamais personne ne l'avait vu. Le point que nous atteignîmes, Bonpland, Carlos Montufar et moi, sur le Chimborazo, était de 3270 pieds (1062 mètres) plus haut que la cime du Corazon. Voyez ci-dessus, page 171 et *Vues des Cordillères*, planche L, et tome II, pages 286-289.

IV. *Le Chimborazo* (haut. 20100 pieds ou 6530 mè-

tres) et le *Carguairazo* (haut. 14700 pieds ou 4775 mètres). — Une de ces montagnes a été prise du plateau de Tapia, élevé lui-même de 8900 pieds ou 2890 mètres. Voyez plus haut, pages 150-217. — La cime du Cargnairazo s'est écroulée dans la nuit du 19 juillet 1698, à la suite d'un effroyable tremblement de terre, qui ébranla la contrée de Hambato et de Llactacunga, et coûta la vie à plusieurs milliers d'hommes. Tout le plateau environnant fut couvert d'un torrent de terre humide et de cendres de pierre-ponce (lodazales). La limite inférieure des neiges éternelles placée à 14820 pieds ou 4814 mètres, est exactement la hauteur du Mont-Blanc. Voyez plus bas, page 22, ainsi que les *Vues des Cordillères*, planche XVI, et tome I, pages 277-288. Les noms de ces deux montagnes sont terminés en *razo*, qui signifie *neige*, et prend dans le dialecte Chinchaysouyou, la forme de *raju*. Chimbo doit être considéré simplement comme un nom de district, de sorte que Chimborazo signifierait *la neige de Chimbo*, ou bien pour une autre forme du mot Qquechhua *chimpu*, qui désigne quelque chose de coloré, le crépuscule du soir ou l'aréole du soleil et de la lune. Voyez pour plus de détails mes *Tableaux de la Nature*, tome II, pages 42-44. *Carguairazo* peut avoir la signification de *neige jaunâtre* ou *pâle*; *Karhua* en effet exprime, dans la langue Qquechhua, quelque chose de jaune, de blanchâtre et de terne, comme des épis mûrissants, des feuilles sèches qui ont perdu leur couleur, ou la figure d'un malade; il peut aussi être pris adjectivement et désigner ces différentes manières d'être.

V. Le volcan *Capac-Urcu*, appelé aujourd'hui *Cerro del Altar*, dont la hauteur actuelle est de 16380 pieds ou 5320 mètres. — D'après une ancienne tradition répandue parmi les indigènes, cette montagne de forme si merveilleuse, dont rien de tout ce que j'ai vu sur les croupes des Andes ne peut égaler la splendeur, lorsque le disque du soleil illumine la neige qui la recouvre, en se couchant derrière le Chimborazo, était autrefois beaucoup plus haute que cette montagne, et ses éruptions auraient duré sans interruption sept ou huit années, jusqu'au moment où la cime s'abîma, ne laissant que les bords crénelés du cratère avec deux cornes symétriques, qui semblent tendre l'une vers l'autre, et laissent encore deviner la forme primitive du volcan. Une table de rocher qui, vue de Riobamba-Nuevo, s'élève sur le bord oriental du cratère, entre les saillies échancrées en forme de cornes, a valu à cette montagne son nom espagnol d'*Altar*. Il n'est pas facile de fixer sûrement l'époque où a commencé cette révolution naturelle. A Lican, des légendes populaires désignent le règne d'un prince Puruay, du puissant Conchocando Huaynia-Abomata. L'événement aurait eu lieu quatorze ans avant la prise de la ville de Quito par Huayna-Capac, fils de l'Inca Tupac-Yupanqui. Or ce conquérant mourut en 1525, c'est-à-dire cinq ans avant le débarquement des Espagnols sur la côte du Pérou; l'écroulement du Capac-Urcu serait donc arrivé peu d'années avant la fin du xv^e^ siècle. Tout le plateau sur lequel la ville de Riobamba-Nuevo fut fondée

après le terrible tremblement de terre du 4 février 1797, a été couvert par la pierre-ponce et les cendres volcaniques du Capac-Urcu, au point de devenir stérile. Les noms de Reine des Montagnes, de Montagne grande, puissante, glorieuse, splendide, incomparable (74), paraissent confirmer la tradition d'après laquelle le Capac-Urcu aurait perdu, par l'affaissement de son sommet, une partie considérable de sa hauteur, c'est-à-dire plus de 1200 mètres. Les indigènes savaient, avant les mesures de la Condamine et de Bouguer, que le Chimborazo était alors le nevado le plus élevé de la province de Quito; ils le savaient par ce qu'ils voyaient le sommet de cette montagne s'enfoncer plus avant que les autres dans la région des neiges éternelles, au-dessus de la limite invariable qui en marque la naissance. (Voyez plus haut, page 181). Le volcan Capac-Urcu a été dessiné d'après une esquisse que j'en avais faite, par un ami bien cher, qui fut un artiste d'un noble talent et d'une brillante imagination, par l'architecte Schinkel. C'est le dernier objet qu'il ait dessiné avant de mourir, jeune encore et si digne de regrets (75).

VI. Le volcan de *Cotopaxi*, haut de 17712 pieds (5753 mètres), l'emporte pour la beauté et la régularité de sa forme conique sur tous les autres cônes trachytiques. J'en ai tracé l'esquisse en face même du volcan, sur le balcon d'une villa appartenant au marquis de Maenza et située dans la Cienega. Le petit rocher qu'on voit à droite, près de la limite inférieure des neiges, est appelé par les indigènes la

Tête de l'Inca, *la Cabeza del Inca*. D'après une tradition populaire, que tout d'ailleurs contredit, ce rocher aurait formé autrefois la cime du Cotopaxi et aurait été précipité lors de la première éruption de la montagne, le 29 août 1533, le jour même où l'Inca Atahuallpa fut étranglé à Caxamarca. Voyez *Vues des Cordillères*, planche X, et tome I, pages 138-150. La première partie du nom de Cotopaxi, *ccotto*, signifie dans la langue Qquechhua, *monceau*, mais le mot *pacsi* n'appartient pas à la même langue. Le nom de cette montagne peut aussi, comme ceux de Cayambe, de Pichincha, d'Ilinissa et d'autres, être un reste de la langue Puruay, idiome depuis longtemps éteint du royaume de Quito.

VII. Les *Pyramides d'Ilinissa*, hautes de 16362 pieds (5315 mètres). — Selon toute vraisemblance ces pyramides ont été séparées violemment l'une de l'autre à la suite d'une explosion volcanique, par une de ces révolutions physiques qui ont changé la forme du Carguairazo et du Capac-Urcu. Les pyramides d'Ilinissa, que l'on aperçoit de très-loin dans les plaines qui longent la côte occidentale de l'océan Pacifique, ont servi à déterminer, par des opérations très-complexes que j'ai décrites plus bas (page 547), la hauteur de la ville de Quito et le plus ancien coefficient de la formule barométrique de Bouguer. Voyez *Vues des Cordillères*, planche XXXVI, et tome II, page 193.

VIII. Le volcan *Popocatepetl* (haut. 16626 pieds ou 5400 mètres) et l'*Iztaccihuatl* (haut. 14736 pieds ou

4786 mètres), appelés communément *los volcanes de Pueblo* ou *de Mexico*, parce que de ces deux villes on jouit également de leur aspect majestueux. — On distingue les deux volcans en donnant au plus élevé, le seul qui soit encore en activité, le nom de *Volcan grande de Mexico*, et en réservant pour l'autre le nom de *Sierra-Nevada*. La distance qui les sépare de la capitale et du rivage sud-ouest du lac pittoresque de Tezcuco ne dépasse pas sept à huit milles géographiques; elle est de moitié moindre par conséquent que l'intervalle entre la chaîne centrale des Alpes et les villes de Berne et de Milan. Comme d'ailleurs le Popocatepetl est supérieur au Mont-Blanc de 1817 pieds, et qu'on l'aperçoit d'un plateau élevé lui-même de 7000 pieds au-dessus du sol de la Lombardie, les couches de l'air plus pures et plus transparentes donnent au colosse du Mexique, couvert de sa neige resplendissante, un aspect beaucoup plus grandiose que tout ce que peuvent offrir les régions montagneuses de l'Europe. Les deux Nevados ont été dessinés par un artiste mexicain, Luis Martin, à une époque où la neige fraîchement tombée abaissait la limite des neiges éternelles jusqu'à la hauteur du pic de Ténériffe (11424 pieds ou 3711 mètres). J'ai vu moi-même tomber en une nuit une telle quantité de neige, qu'elle reliait ensemble par une même ligne les deux Nevados, éloignés l'un de l'autre de 2 milles géographiques et demi. C'est à travers le passage d'Ahualco qui sépare ces deux montagnes, et qui, d'après mes mesures barométriques, est

situé près de Barrancas de Joanes, à l'est de la Venta de Rio-Frio, sur une hauteur d'au moins 3238 mètres au-dessus du niveau de la mer, que Hernan Cortès, accompagné de 6000 Tlascaltèques, exécuta, au mois d'octobre 1519, sa marche hardie de Cholula à Tezcuco et à Tenochtitlan ou Mexico (76). Le Popocatepetl était à ce moment dans un état d'irritation extraordinaire, et Cortès raconte lui-même, dans un de ses Rapports à l'empereur Charles-Quint, que, désirant découvrir le secret de cette fumée qui sortait de la Montagne (el secreto de aquel humo), il avait choisi, entre ses compagnons d'armes, dix des plus braves, pour en escalader la cime. D'après le récit de Bernal Diaz del Castillo, Diego de Ordaz, le chef de cette petite expédition, serait parvenu à gagner le cratère du Popocatepetl. Il est au moins vraisemblable qu'il s'en est vanté; car l'empereur lui permit de placer un volcan enflammé dans ses armes. Cortès dit, au contraire, en termes très-précis, sans d'ailleurs nommer Diego de Ordaz, que personne ne put parvenir au sommet du volcan, à cause de l'énorme quantité de neige qui le recouvrait (77). Dans une lettre postérieure, Cortès raconte que, après la prise de Mexico, il avait envoyé plusieurs expéditions pour reconnaître la cime du volcan. Au dire de Bernal Diaz, il y envoya même des moines franciscains. Enfin Cortès affirme qu'en 1522 seulement, un Espagnol parvint jusqu'au bord du cratère, et que non content de cela, il se fit attacher à une corde et descendre à 70 ou 80 brasses

de profondeur dans la *montagne fumante* (en la Sierra que da humo), pour recueillir du soufre destiné à la fabrication de la poudre. Cet homme était Francisco Montaño. J'ai tenté d'éclaircir ailleurs ces récits contradictoires (78). Après une interruption de près de 300 ans, on a fait enfin au XVIII^e^ siècle plusieurs tentatives couronnées de succès pour atteindre la cime du Popocatepetl. Ce furent d'abord les frères William et Frederick Glennie qui, en avril 1827, exécutèrent sur cette montagne une mesure barométrique; puis Samuel Birckbeck, au mois de novembre de la même année, ensuite Frédéric de Gérolt, actuellement Ministre Résident de Prusse à Washington, à qui nous devons une intéressante carte géologique du Mexique, gravit le Popocatepetl en 1834; enfin, une dernière ascension fut faite, le 11 avril 1848, par le capitaine Charles Stone et cinq autres officiers des États-Unis d'Amérique. On aperçut dans le cratère plusieurs cônes d'éruption, et on observa des éruptions périodiques de vapeurs sulfureuses et de cendres. Les masses plus considérables retombaient constamment dans le cratère. Depuis on n'a point remarqué de phénomènes lumineux, ni sur les bords du cratère ni aux environs, à Cholula non plus que dans le village de San Nicolas de los Ranchos. Les années 1519, 1539 et 1540 ont été seules marquées par des éruptions ignées. Gomara dit expressément, dans son *Historia de Mexico* (1553, fol. 38), qu'on aperçut des flammes des bords mêmes du lac Tezcuco. Presque journelle-

ment, on voit de la fumée, c'est-à-dire des vapeurs, sur le côté oriental (79) ; moi-même et lorsque, dans la plaine de Tetimba, je mesurais trigonométriquement le Popocatepetl, j'ai reconnu d'une manière très-distincte une éruption de cendres. On assure avoir vu quelquefois des fragments de pierre ponce, appelée dans cette contrée *sable* (arena), descendre en roulant sur la neige glacée. Souvent, dans les heures du soir, on a vu, suivant ce que me racontaient les indigènes, la cime briller d'un reflet jaune, produit peut-être par les vapeurs sulfureuses qui l'enveloppaient. Le Conseiller supérieur des Mines, Burkart, qui, pendant son long séjour sur le plateau mexicain, a rendu des services à l'hypsométrie, a fait une analyse critique des différentes mesures barométriques ou trigonométriques dont le Popocatepetl a été l'objet (80). Il lui paraît vraisemblable que la hauteur de ce volcan est comprise entre 16626 et 16740 pieds (5400-5437 mètres). Le mythe alpestre, sur l'origine de ces deux montagnes colossales, dont parle Diego Muñoz Camargo, historien tlascaltèque de la seconde moitié du XVI^e^ siècle, qui se convertit au christianisme, était encore très-répandu parmi les Indiens, lorsque je visitai ces lieux. D'après cette légende, le Popocatepetl et l'Iztaccihuatl sont le mari et la femme (los creen marido y muger). Leur jeune fille, la Malinche (81), appelée plus anciennement *Matlalcueye*, et aujourd'hui *Sierra de Tlascala*, sur laquelle le docteur Charles Winslow de Boston a trouvé aussi un cratère (82), erra longtemps, avant de se rendre à l'invitation des Tlascatèques et

de s'établir à l'ouest du Pinar, entre Tlatapanga et Amozoque. Si l'on veut se livrer, sur les noms des deux montagnes, à des recherches étymologiques, on trouve que les paroles citées plus haut de l'Espagnol qui, en 1522, gravit le Popocatepetl « cerro que da humo, » sont la traduction exacte du nom de ce volcan. *Popocatepetl*, en effet, est composé du verbe aztèque *popoca*, *fumer*, dont la racine est *poctli*, *fumée*, et de *tepetl*, *montagne*. Le mot *Iztaccihuatl*, de son côté, est composé de *iztac*, *blanche*, et de *cihuatl*, *femme;* il signifie par conséquent la femme blanche. A ce nom il en faut joindre deux autres, qui appartiennent aussi au moins élevé des deux volcans : *Cihuatepetl* ou Montagne des femmes, que Lorenzana écrit inexactement *Zihualtepetl;* et *Cihuapiltepetl*, dont, par une altération plus grave, on a fait *Suapiltepetl*. Tous ces noms signifient Montagne des dames, ou Dame de la montagne, ou Montagne des jeunes filles; car ils sont tous formés des mots *cihuatl* et *tepetl*, avec l'addition de *pilli*, qui non-seulement a le sens de noblesse, comme dans *Cihuapilli*, par lequel on désigne particulièrement une grande dame, mais qui peut aussi faire l'office d'une désinence grammaticale, et entraîner l'idée d'un diminutif.

IX. Le volcan d'*Orizaba*, haut de 16302 pieds (5295 mètres). — La première image de cette montagne, dont la véritable position importe beaucoup à la navigation du golfe du Mexique, particulièrement pour l'entrée du port de Vera-Cruz (83), a été publiée dans mon *Atlas géographique et physique de la*

Nouvelle-Espagne (planche XVII), d'après un dessin que j'avais tracé sur l'agréable route qui conduit de Xalapa au village de Huatepec. Ma mesure trigonométrique se fit au milieu de circonstances défavorables, à une distance de 8 milles géographiques et demi, dans une plaine voisine de Xalapa, d'où l'on aperçoit la cime de la montagne sous un angle de 3°43′ seulement. D'après une mesure prise par Ferrer de la ferme d'Encero, à une distance un peu plus grande, l'Orizaba serait plus haut que le Popocatepetl, et paraîtrait avoir 16777 pieds (5340 mètres) au-dessus du niveau de la mer (84). L'image que j'en donne aujourd'hui, dans l'Atlas joint à ce volume, a été dessinée par notre célèbre paysagiste Édouard Hildebrandt, d'après une peinture à l'huile que M. le baron Gros a bien voulu me donner à son retour du Mexique, avec une autre Vue représentant le château de Chapultepec. Ces deux tableaux, qui reproduisent merveilleusement la vérité de la nature, ornent un pavillon du château royal de Charlottenhof, près de Potsdam. La dépression très-sensible du cratère, vers le sud-est, est commune au volcan d'Orizaba et au Popocatepetl. Les plus considérables entre les éruptions ignées de l'Orizaba ont eu lieu de 1545 à 1566. C'est durant la regrettable guerre qui arma les États-Unis contre le Mexique, au mois de mai 1848, que la cime de l'Orizaba a été gravie pour la première fois par les lieutenants Reynolds et Maynard. Comme du haut de la pyramide de Cholula ou Cholollan, formée de

couches de tuiles revêtues de plaques de porphyre, et l'un des plus anciens monuments des Toltèques, qui, par conséquent, doit remonter au VII^e^ siècle de notre ère, on découvre en même temps le Popocatepetl, que l'on voit aussi de Mexico, et le pic d'Orizaba, que l'on aperçoit dans la rade de Vera-Cruz, j'ai profité de la position de ces cimes, pour déterminer, par des angles de hauteur, des azimuts et des bases perpendiculaires, la différence de longitude entre la capitale du Mexique et le port de Vera-Cruz, différence déterminée déjà à l'aide de calculs astronomiques. C'était une application en grand de la méthode des mâts, (method of tops), que les marins instruits emploient le long des côtes (85). Des cinq volcans mexicains qui, en général, ont beaucoup perdu de leur activité : l'Orizaba, le Popocatepetl, le Tuxtla, le Jorullo et le Colima, presque tous ont été soulevés sur une faille dirigée de l'est à l'ouest, et coupant presque à angle droit, entre 18° 59′ et 19° 12′ de latitude nord, la haute chaîne de montagnes qui court du nord-nord-est au sud-sud-ouest. L'un de ces volcans, le Jorullo, situé dans la même direction au milieu d'une plaine richement cultivée et d'apparence fort paisible, a fait une éruption inattendue en juin 1759. Le petit volcan de Tuxtla, voisin de la côte, qui, au 2 mars 1793, vomit une grande quantité de cendres, avec d'horribles craquements souterrains, est situé en dehors du parallèle des plus hautes cimes mexicaines (86). — Le nom aztèque du pic d'Orizaba, Citlaltepetl, signifie *Montagne de l'étoile* ou *des étoiles*, ou *montagne stellaire*, de *citla-*

lin, qui, en mexicain, veut dire *étoile*. Peut-être est-ce une allusion à d'anciennes éruptions ignées, pendant lesquelles on put voir, de la côte orientale, la montagne briller au loin, comme une étoile qui va disparaître à l'horizon. L'Orizaba s'appelait aussi autrefois *Poyauhtecatl*, forme patronymique qui, ramenée à la localité d'où elle est dérivée, signifie un habitant de Poyauhtlan ou l'homme de Poyauhtlan. Ce nom est tiré soit de *pogahui*, *s'amincir*, *se dissiper*, dans le sens où on le dit des nuages, soit de *poyahua*, *teindre d'une couleur sombre*, *ombrer un tableau*, *faire nuit;* (Poyahuitl était le nom d'un prêtre de Tlatelolco, au temps de Moquihuix). Le lieu connu jadis sous ce nom était situé sur la rive orientale du lac de Tezcuco ; et Clavigero justifie la dénomination donnée à la montagne, en disant que le Poyauhtlan était l'ancien séjour des Tlascatlèques, qui de là se dirigèrent vers différentes contrées, et dont quelques-uns s'établirent dans le voisinage du volcan d'Orizaba (87). Un troisième nom, *Zeuctepetl*, paraît un mot altéré, et s'écrivait plus justement, je pense, *Teuctepetl*, Montagne des Princes, Montagne des Caciques, de *teuctli*, *cacique*, *chef*, *seigneur*. On peut aussi interpréter ce mot composé dans le sens de *Prince de la Montagne*.

X. *Esquisse hypsométrique du volcan de Pichincha*. — C'est une réduction de la carte que j'ai publiée dans l'*Atlas général de mon Voyage* (pl. XXVII). Elle sert à faire mieux comprendre l'ascension du Pichincha, dont j'ai donné le récit plus haut (pages 1-81). On

peut la rapprocher de la planche décrite plus haut sous le n° 1.

XI. *Nœuds de montagnes et ramifications des Cordillères de Quito.* — La planche présente les volcans des cordillères orientales et occidentales, avec les nœuds de montagnes de Chisinche et d'Alausi. Le nœud d'Alausi est traversé par la route de Cuença, qui, près du Tambo de Guamote, à l'entrée des Savanes de Tiocaxas, ne dépasse pas 9000 pieds, mais qui, plus loin vers le sud, sur le Paramo de l'Assuay, s'élève presque à la hauteur du Mont-Blanc; car les débris d'une belle route, construite jadis par les Péruviens (*el camino del Inga*), ont, d'après la mesure que j'ai prise près de la Ladéra de Cadlud, une altitude de 14568 pieds (4732 mètres). Cette petite carte est un fragment de la planche qui, dans l'Atlas général de mon Voyage, a pour titre *Esquisse hypsométrique des nœuds de montagnes et des ramifications de la Cordillère des Andes, depuis l'Isthme de Panama jusqu'au Cap de Horn et à la chaîne littorale de Venezuela*, 1831.

XII. *Points culminants et hauteurs moyennes des chaînes de montagnes d'Europe, d'Amérique et d'Asie.* La première esquisse de cette planche, modifiée aujourd'hui d'après des observations plus récentes, accompagnait le *Mémoire sur quelques phénomènes de Géologie comparée*, que je lus à l'Institut de Paris en mars 1825, et qui parut dans les *Annales des Sciences naturelles* (1825, tome IV, pages 225-253). On trouvera indiquées plus bas (pages 540-548), d'après les nouvelles déterminations du capitaine Fitz-Roy, de

Pentland et les miennes, les rapports d'altitude entre le Nevado de Aconcagua, haut de 7287 mètres, et situé au nord-est de Valparaiso, le Chimborazo, haut de 6530 mètres, et le Sorata qui en a 6488. On peut consulter aussi sur les hauteurs relatives des points culminants et des dos des montagnes, ce que j'en ai dit pages 481, 491, 493 et 581. Ramond a fait remarquer le premier, à une époque où l'on avait mesuré encore peu de passages dans les Alpes, que malgré la grande différence de hauteur entre le Mont-Blanc et le Pic Nithou, la hauteur moyenne de la crête des Alpes est cependant inférieure à celle des Pyrénées. A mesure que l'on se familiarise davantage avec la vraie configuration de quelques chaînes très-élevées, comme les Alpes, les Pyrénées, l'Himalaya, le Caucase, les Cordillères du Mexique et de l'Amérique méridionale, on reconnaît mieux que la direction générale des chaînes dévie souvent de la ligne qui passe par les points culminants. Ces points ordinairement de formation plus récente, et produits par un soulèvement postérieur à celui de la chaîne, sont pour la plupart situés loin de la ligne des crêtes. Dans l'Himalaya, par exemple, cela est à ce point que la série des sommets coupe presque à angle droit l'axe général de la chaîne. C'est pour ces raisons que les cimes qui semblent menacer le ciel, et excitent si vivement la curiosité de tous les peuples, sont un phénomène moins important que la ligne des arêtes, dans les lieux où l'on peut déterminer avec certitude ce produit du soulèvement terrestre sur les premières failles du globe (88).

NOTES.

On a supprimé le chiffre des centaines dans l'indication des notes ; cette suppression n'occasionnera point d'incertitude, attendu qu'au numéro de renvoi est toujours joint celui de la page correspondante.

NOTES

DU TOME PREMIER.

(1) [page 2]. Cet écrit n'est pas un Mémoire distinct, mais un chapitre de la *Relation historique du voyage aux régions équinoxiales;* voy. t. III, p. 188.

(2) [page 10]. Voy. dans l'*Atlas géographique et physique de la Relation historique du Voyage aux régions équinoxiales* (1827-1831), *l'esquisse hypsométrique des nœuds de montagnes et des ramifications de la Cordillère des Andes depuis le cap de Horn jusqu'à l'isthme de Panama et à la chaîne littorale de Venezuela* (pl. 5).

(3) [page 11]. Voy. les *Tableaux de la Nature*, t. I, p. 310, de la traduct. franç., publiée par MM. Gide et Baudry, 1851.

(4) [page 13]. *Journal of the royal geographical Society*, t. VI, 1836, p. 337.

(5) [page 14]. *Memorias de los Navegantes Españoles*, t. I, p. 187.

(6) [page 15]. Cette carte, qui comprend tout le nouveau continent, a été présentée à l'Académie de Berlin.

(7) [page 21]. *Correspondance pendant un voyage dans l'Inde*, t. II, p. 58 et 74, et *Journal of the royal geographical Society*, t. VI, 1836, p. 348. Jacquemont donne pour mesure 5350 pieds anglais, Hugel 5850 : moyenne 5600 pieds anglais ou 1705 mètres.

(8) [page 21]. Voy. *Atlas géographique et physique de la Relation historique du Voyage aux régions équinoxiales*, pl. 27, et *Vues des Cordillères et Monuments des peuples indigènes de l'Amérique*, pl. 61, édit. in-folio.

(9) [page 23]. Voy. la Condamine, *Journal du voyage fait à l'Équateur*, *Introduction historique*, p. 162 et 173.

(10) [page 24]. Voy. les *Vues des Cordillères*, pl. 10 et 61.

(11) [page 29]. Voy. Cicéron, *de Divinatione*, l. I, c. 50; Pline l'Ancien, l. II, c. 81; Pausanias, l. VII, c. 24.

(12) [page 33]. *Ccuchu* dans la langue Qquechhua signifie *angle, arête.*

(13) [page 33]. Le vrai nom de cette crevasse, *Cunturhuachana*, signifie dans la langue Qquechhua le lieu où la femelle du Condor dépose ses œufs; il est formé de *huachani* qui veut dire *enfanter*, et *pondre*, en parlant des oiseaux.

(14) [page 48]. Le colonel don Juan Galindo nous a fait connaître tout récemment les volcans de Costa-Rica, dans son esquisse de l'Amérique centrale. A l'est de la haute croupe de montagnes de Costa-Rica, sont situés les volcans d'Irasu ou de Carthago, de Turrialva et de Chirripo; à l'ouest les volcans Barba, Votos, Harradura et Miravalles. Il y a eu en 1723 une effroyable éruption de l'Irasu; on croit que c'était la première. Le plus méridional des sept volcans nommés par Galindo est Barba, qui, d'après sa carte, est situé par 9° 30 de latitude boréale (voy. *Journal of the geographical Society*, t. VI, p 128). Le volcan de Barua indiqué par Brué au nord-est du golfe Dulce existe-t-il réellement? Galindo connaît bien un Rio Baru, entre Terrava et Balsar, mais il ne connaît pas de volcan du nom de Barua.

(15) [page 49]. Léopold de Buch, *Description physique des îles Canaries*, p. 482, de la traduct. franç.

(16) [page 50]. Voy. sur ce fait signalé par le docteur Roulin, Humboldt, *Fragments de Géologie et de Climatologie Asiatiques*, p. 154 et 600.

(17) [page 51]. Gomara, *Historia general de las Indias*, Caragoça, 1553, fol. cx, b.

(18) [page 52]. Humboldt, *Relation historique*, t. II, p. 452, édit. in-4.

(19) [page 52]. Voy. l'*Atlas de la Relation historique*, pl. X.

(20) [page 53]. L'ingénieux géographe d'Amasea, après avoir parlé de la rupture produite par des tremblements de terre entre la Sicile et l'extrémité méridionale de l'Italie (l. VI, p. 258, édit. de Casaubon), ajoute les considérations suivantes : « Aujourd'hui, nous dit-on, que sont ouvertes ces bouches, par lesquelles le feu intérieur s'exhale et les masses ardentes s'échappent avec les eaux, le sol, aux environs du détroit, est rarement ébranlé ; mais autrefois, quand toutes les issues étaient encore fermées, l'air et le feu comprimés dans le sein de la terre produisaient de terribles secousses. Enfin, le sol céda à la violence des vents intérieurs, et, en s'entrouvant, livra passage aux mers qui le baignaient des deux côtés. Quelques îles sont des fragments détachés de la terre ferme ; d'autres sont sorties du sein de la terre, comme cela arrive souvent encore aujourd'hui. Il est vraisemblable que les îles situées loin des côtes ont été formées de cette manière ; pour celles, au contraire, qui sont situées en face des promontoires, et séparées du continent seulement par des détroits, il est plus raisonnable de croire qu'elles en ont été arrachées. »

(21) [page 53]. Ces vues étaient déjà celles de l'antiquité romaine. On lit dans Pline (l. II, c. 79) : « Neque aliud est in terra tremor quam in nube tonitruum, nec hiatus aliud quam cum fulmen erumpit, incluso spiritu luctante et ad libertatem exire nitente. » Mais c'est surtout chez Sénèque (*Quæstiones na-*

turales, l. VI, c. 4-31) qu'il faut chercher le germe de presque tout ce qui a été dit dans les temps modernes sur les causes des tremblements de terre.

(22) [page 54]. D'après la tradition et quelques indications tirées de la forme de son sommet en ruine, ce volcan dut être jadis beaucoup plus élevé que le Chimborazo.

(23) [page 55]. Sous Néron (voy. Sénèque, *Epist.* 79) les Romains étaient déjà disposés à ranger l'Etna dans la classe des volcans qui s'éteignaient peu à peu, et plus tard Elien (*Variæ Histor.*, VIII, 11) affirmait que le sommet de cette montagne s'affaissait, et que les navigateurs ne l'apercevaient plus à une aussi grande distance en mer. Depuis cette époque, cependant, l'Etna n'a point montré qu'il eût rien perdu de son activité volcanique.

(24) [page 56]. Voy. Sénèque, *Quæstiones naturales*, l. VI, c. 11, 12, 14, 18, 23 et 31.

(25) [page 56]. Voy. *Relation historique*, t. II, p. 16, édit. in-4°.

(26) [page 57]. Voy. Humboldt, *Essai politique sur la Nouvelle-Espagne*, t. II, p. 73, édit. de 1827; Antonio de Solis, *Historia de la Conquista de Mexico*, l. IV, c. 18 (t. II, Madrid, 1784, in-4°, p. 181), et Bernal Dias del Castillo, *Historia verdadera de la Conquista de la Nueva España*, ed. Alonso Remon, Madrid, 1632, fol. 107. Le quartier de la ville de Mexico, où coule le canal par-dessus lequel le héros s'élança pour se sauver, s'appelle encore aujourd'hui el Salto de Alvarado. Gomara (fol. CXII, b) nous a conservé une parole mémorable de ce brave guerrier, accoutumé à toutes les souffrances humaines. On lui demandait, au moment de sa mort, ce qui souffrait en lui, L'âme (la alma), répondit-il. Il ne parla point du corps.

(27) [page 57]. Voy Gomara, *Hist. gen. de las Indias*, fol. LXIX, b. Voy. aussi Herrera, Dec. V, lib. VI, cap. 2.

(28) [page 57]. Voy. Herrera, Dec. V, lib. X, cap. 10.

(29) [page 58]. Voici les titres exacts de ces biographies : *La Azucena de Quito que brotó el florido campo de la Iglesia en las Indias occidentales*, por Jacinto Moran de Butron, Soc. Jesu (Madrid, 1721); *Compendio historico de la prodigiosa vida, virtudes y milagros de Mariana Jesus Flores y Paredes*, escrito por Thomas de Gijon, 1754. Beata Mariana de Jesus était née en 1618 et mourut à vingt-six ans; elle ne put voir par conséquent la grande éruption de 1660, ni même la première destruction de Riobamba, arrivée en 1654, et durant laquelle la ville de Quito eut aussi beaucoup à souffrir d'un tremblement de terre. Gijon assure à tort (p. 38) que le Pichincha vomit des flammes pour la première fois en 1580.

(30) [page 58]. Butron, *La Azucena de Quito*, etc., p. 67. Sur le fronton du cloître de Saint-Augustin j'ai lu l'inscription suivante : « Año de 1660 a 27 de octubre rebentó el volcan de Pichincha a las 9 del dia. » Cette inscription mentionne aussi un effroyable tremblement de terre arrivé en 1662; je n'ai pu parvenir à déchiffrer la date du mois.

(31) [page 59]. Peut-être le Nina-Yacu (eau de feu), l'un des affluents supérieurs du Rio de Esmeraldas. Le cratère du Vésuve déversa aussi, durant la nuit du 26 octobre 1822, un courant de cendres sèches, que de loin on pouvait prendre pour un torrent d'eau bouillante. J'ai décrit ce rare phénomène, observé très-exactement par Monticelli, dans les *Tableaux de la Nature* (de la structure et du mode d'action des volcans), t. II, p. 267, de la traduct. franç., publiée par MM. Gide et Baudry.

(32) [page 60]. Le foyer volcanique dont il est parlé dans le texte est le plateau tout entier de Quito. Les voies de communication de ce foyer avec l'atmosphère sont les montagnes appelées Pichincha, Cotopaxi, Tunguragua. Sénèque dit excellemment dans sa 79e épître, où il mentionne aussi l'abaissement problématique du sommet de l'Etna : « Potest

hoc accidere non quia montis altitudo desedit, sed quia ignis evanuit et minus vehemens ac largus effertur, ob eamdem causam fumo quoque per diem segnior. Neutrum autem incredibile est, nec montem qui devoretur quotidie minui, nec ignem non manere eumdem, qui non ipse ex se est, sed in aliqua inferna valle conceptus exæstuat et aliis pascitur; in ipso monte non alimentum habet, sed viam. »

(33) [page 60]. La Condamine, *Journal du Voyage à l'Équateur* (Introduction historique), p. 147-156.

(34) [page 61]. Des trois hommes blancs qui m'accompagnaient, et qui ont été les témoins de mon expédition, don Pedro Urquinaona, don Vicente Aguirre et le marquis de Maenza, ce dernier, très-jeune alors, est le seul qui ait survécu. Il porte actuellement, en qualité de Grand d'Espagne de première classe, le titre héréditaire du comte de Puñonrostro.

(35) [page 62]. *Tableaux de la Nature*, t. I, p. 203 de la traduct. franç.

(36) [page 64]. Voy. Humboldt, *Essai sur la Géographie des Plantes*, p. 69. Pœppig (*Reise in Chile und Peru*, t. II, p. 80) mentionne, d'après Benjamin Scott, l'existence de petits arbres, peut-être des espèces de Polylepis, dans les Cordillères du Pérou, sur une hauteur de 4800 à 4850 mètres, près de Huaylillas de Potosi et d'Uchusuma. Dans la Bolivie, jusqu'à environ 18° de latitude australe, la limite inférieure des neiges éternelles s'élève d'une manière sensible par suite de certains phénomènes météorologiques; la limite supérieure des arbres paraît monter en même temps Voy. Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 273 et 329.

(37) [page 65]. Léopold de Buch mentionne aussi l'arête de rochers, à l'aide de laquelle je pus gravir le cône de cendres du Pic de Ténériffe, et qui, à la vérité, n'est point formée d'obsidienne. Voy. la *Description physique des îles Canaries*, p. 193. de la traduct. franç.

(38) [page 66]. « Je proposai à M. Bouguer, dit la Condamine (*Journal du Voyage à l'Équateur*, p. 151), un chemin très-court : c'était de monter tout droit par-dessus la neige à l'enceinte de la bouche du Volcan. Je sondais la profondeur de la neige avec un bâton; elle était très-profonde, mais elle pouvait nous porter : j'enfonçais tantôt plus, tantôt moins, mais jamais beaucoup au-dessus du genou. Je m'approchai du rocher qui dominait l'enceinte, et je parvins à en atteindre la cime. »

(39) [page 70]. Voy. Humboldt, *Recueil d'Observations astronomiques*, t. I, p. 308, n° 184.

(40) [page 73]. Le Puma chiquito ou Leoncito de monte diffère beaucoup du Felis unicolor de Lesson, qui appartient à la contrée chaude de la Guyane; le petit lion des montagnes habite, au contraire, des hauteurs qui dépassent 2600 mètres. On connaît déjà vingt variétés du genre Chat, spéciales au Nouveau Continent.

(41) [page 77]. Dans la contrée boisée des Yumbos, on rencontre aussi des troncs de l'arbre singuller connu vulgairement sous le nom d'Arbre de la Vache (Palo de Vaca) et appelé par les botanistes Galactodendron. Boussingault et Solly ont analysé chimiquement le lait de cet arbre qui est nourrissant, et contient de la cire et de la galactine ou fibrine; mais depuis 35 ans, malgré le grand nombre de voyages scientifiques entrepris dans les contrées où il végète, on attend encore une description complète de cette plante, qui puisse satisfaire les botanistes.

(42) [page 79]. Voy. Humboldt, *Recueil d'Observations astronomiques*, t. I, p. 133-138, et t. II, p. 537-544.

(43) [page 84]. Le rocher nu dont parle la Condamine est peut-être le plus oriental des trois rochers en forme de tour, qui s'élèvent sur l'enceinte même du cratère. La Condamine, dans sa description trop peu caractéristique, fait souvent men-

tion de ces rochers, mais malheureusement sans les distinguer d'après leur exposition et leur situation relative.

(44) [page 88]. Voy. la *Revue indépendante*, t. XX, livr. du 10 et du 25 juin 1845.

(45) [page 89]. *Comptes rendus*, t. XXIII, 1846, p. 26-35. On doit aussi à M. Sébastien Wisse la première connaissance exacte du volcan de Sangai.

(46) [page 90]. La pente dont parle M. Wisse est celle de la montagne qui a sa base dans la *Cienega del Volcan*.

(47) [page 90]. Le pic mentionné par le même voyageur est vraisemblablement le rocher en forme de tour que j'ai appelé le rocher oriental, et dont j'ai trouvé, en effet, la hauteur égale à 4845 mètres. Voy. mon *Recueil d'Observations astronomiques*, t. I, p. 308, n° 184 du *nivellement barométrique*. Cet accord est remarquable pour d'aussi grandes hauteurs, mesurées à l'aide du baromètre.

(48) [page 92]. On ne saurait trop louer le voyageur dont nous citons la narration de distinguer soigneusement les mesures approximatives et les mesures exactes.

(49) [page 97]. La plaine que M. Wisse nomme l'*arenal* est la même qui a été désignée plus haut sous le nom de *Cienega del Volcan*.

(50) [page 98]. Le but principal de cette seconde excursion était le relevé géométrique du cratère, et toutes les mesures barométriques prises par M. Wisse portent le même caractère de précision.

(51) [page 100]. Le vrai nom de cette plante dans la langue Qquechhua est Achupalla. Les Indiens désignent ainsi des plantes de la famille des Broméliacées, qui croissent sur les Cordillères de Pansitara, de Mamendoy et d'Almaguer, dans la

Nouvelle-Grenade, particulièrement le Pourretia pyramidata que l'on peut voir représenté, d'après une esquisse que j'en avais prise, dans les *Vues des Cordillères*, pl. XXX. Voy. aussi José de Caldas, dans le *Semanario de la Nueva Granada*, édit. de J. Acosta, 1849, p. 342.

(52) [page 102]. L'entonnoir dont parle M. Wisse est le cratère même du cône d'éruption.

(53) [page 107]. En calculant les distances des tours de rocher qui dominent l'enceinte du cratère, j'ai été amené par diverses combinaisons, dans l'opération trigonométrique que j'ai exécutée de fort loin sur la petite chaîne de Poingasi, à évaluer le diamètre supérieur, pris dans toute son étendue du nord au sud, à 750 ou 800 toises. Si l'on cherche la moyenne entre ces deux nombres, soit 775 toises ou 1510 mètres, la différence avec les mesures directes et certainement exactes de M. Wisse n'est que de 1/150.

(54) [page 107]. Comme M. Bonpland et moi nous contemplions le gouffre, placés non pas sur le rocher méridional, mais sur le rocher oriental, il en résulte que nous dominions surtout le cratère occidental qui n'est pas encore éteint. M. Wisse, dans sa seconde expédition, a évalué plus exactement à 4100 mètres la hauteur moyenne du sol, dans le cratère occidental, au pied du cône d'éruption. En y ajoutant pour la profondeur du cratère 750 mètres, on trouve que l'enceinte du rocher qui domine le gouffre est haute de 4850 mètres, ce qui s'accorde très-bien avec la hauteur que j'ai obtenue à l'aide du baromètre pour le rocher oriental (4854 mètres). Voy. mon *Recueil d'Observations astronomiques*, p. 308. La plate-forme du rocher sur laquelle je parvins en premier lieu avec l'Indien Felipe Aldas est donc aussi élevée au-dessus du cratère oriental de 750 mètres, c'est-à-dire d'une hauteur cinq fois égale à celle de la cathédrale de Strasbourg. Je n'ai jamais eu, sur terre, l'occasion d'abaisser mes regards presque verticalement à une aussi

grande profondeur. De peur d'exagération, j'avais d'abord évalué la différence de hauteur à 1500 pieds seulement. Voy. plus haut p. 71. J'ai trouvé, en mesurant barométriquement la hauteur de la plaine de pierre ponce (el Arenal de la Cienega), 4346 mètres (2230 toises) au-dessus du niveau de la mer. Si donc la hauteur du sol dans le cratère occidental est de 4100 mètres (2360 toises), il en résulte qu'il est de 246 mètres (126 toises) inférieur au niveau de l'Arenal.

(55) [page 109]. Voy. plus haut p. 57 les dates que nous avons indiquées, et qui toutes sont établies historiquement.

(56) [page 111]. La mort du guerrier blond, dont la chevelure était formée des rayons du soleil, a été représentée par d'anciens peintres aztèques dans le remarquable manuscrit conservé aujourd'hui à la Bibliothèque impériale de Paris, qui porte pour titre : *Geroglyphicos de que usavan los Mexicanos*, et qui a appartenu à l'évêque de Reims, le Tellier. J'ai fait reproduire cette image dans mes *Vues des Cordillères*, pl. LVI, fig. 4, édit. in-folio.

(57) [page 112]. Le professeur Buschmann est d'avis que le nom de cette montagne signifie neige jaunâtre ; il vient vraisemblablement de *karhua* qui, dans la langue Qquechhua, veut dire jaunâtre ou pâle, et désigne proprement la couleur des semences venues à maturité, et de *raju*, expression provinciale pour exprimer la neige (voy. les *Tableaux de la Nature*, t. II, p. 42 de la trad. franç., publiée par MM. Gide et Baudry). La prairie aux reflets dorés (el Pajonal), qui couvre les flancs de la montagne jusqu'à la limite inférieure des neiges, peut venir à l'appui de cette conjecture.

(58) [page 112]. Voy. Humboldt, *Vues des Cordillères*, p. 148 et pl. X.

(59) [page 112]. Voy. Garcilaso, *Comentarios reales*, parte II, lib. II, cap. 2 ; Herrera, Dec. V, lib. VI, cap. 2.

(60) [page 113]. Voy. Prescott, *History of the Conquest of Peru*, 1847, t. II, p. 13-16.

(61) [page 116]. Strabon, l. I, p. 73, et l. XII, p. 539, édit. de Casaubon.

(62) [page 117]. Voy. Strabon, l. II, p. 97, et Geminus, *Elementa Astronomiæ*, c. 13.

(63) [page 117]. L'inscription d'Adulis contient le récit des expéditions accomplies par Ptolémée Évergète I, et remonte aux années 217-222 av. J.-C. On y lit ces mots : ...Τοὺς πέραν τοῦ Νείλου ἐν δυσβάτοις καὶ χιονώδεσιν ὄρεσιν οἰκοῦντας, ἐν οἷς διὰ παντὸς νεφετοὶ καὶ κρύη καὶ χιόνες βαθεῖαι, ὡς μέχρι γονάτων καταδύνειν ἄνδρα, τὸν ποταμὸν διαβὰς ὑπέταξα κ. τ. λ. Voy. Bœckh et J. Franz, *Corpus Inscriptionum græcarum*, t. III, fascic. II, n° 5127, p. 512.

(64) [page 117]. Ce fait a été démontré dans le procès soutenu par les héritiers de l'amiral. Voy. Navarrette, *Viages y Descubrimientos de los Españoles*, t. III, p. 34 et 592.

(65) [page 118]. Anghiera, *Oceanica*, ed. Colon. (1574), Dec. II, liv. II, p. 140; Dec. III, liv. III, p. 258. Voy. aussi *Opus epistol.*, ed. Amstel. (1670), p. 291 et 532.

(66) [page 118]. Voy. plus haut, p. 317, et comp. *Fragments asiatiques*, t. II, p. 525-529.

(67) [page 122]. Voy. Herrera, *Hist. general de los Hechos de los Castellanos*, Dec. V, lib. 7, et comp. Joaquin Acosta, *Compendio histor. del descubr. de la Nueva Granada*, 1848, p. 189. Le nom de Cunturmarca qui, dans Garcilaso (*Comentar. reales*, lib. VII, cap. 2) a trait au Cuntur ou Condor, n'a rien de commun avec le nom géographique de Cundirumarca.

(68) [page 124]. Cette éruption de 1828 a été vue des hauteurs du Raizal, près de Guaduas, ainsi qu'à Marmato, à l'ouest du Rio Cauca. Voy. Humboldt, *Fragments asiatiques*, t. I, p. 157, et t. II, p. 602. Un observateur attentif,

M. Ch. Degenhardt, qui a quitté en 1836 les mines de Marmato, m'a certifié qu'à cette époque des colonnes de vapeur s'échappaient encore du volcan.

(69) [page 125]. Je m'en réfère au travail fort exact que M. Boussingault a publié dans les *Annales de Chimie* (juillet 1833). Autrefois, j'avais trouvé moi-même pour Bogota 14°,3, pour Popayan 18°,7, pour Quito 14°,4. Voy. plus haut, p. 307.

(70) [page 127]. Voy. Humboldt, *Relation historique*, t. III, p. 302.

(71) [page 132]. Voy. dans le *Cosmos*, t. III, 2e part, p. 695, la savante note du professeur J. Franz, sur les Prosélènes.

(72) [page 132]. Voy. Humboldt, *Asie centrale*, t. I, p. 102.

(73) [page 132]. Voy. Humboldt, *Vues des Cordillères*, t. I, p. 88, et t. II, p. 226.

(74) [page 133]. Le premier prince temporel des Muyscas s'appelait Huncahua, dit le Sage; il fonda la ville encore existante aujourd'hui sous le nom de Tunja, et qui, d'après lui, prit celui de Hunca. M. Roulin pense que le nom de Bogota est formé par corruption du mot *bakata*, qui signifie, dans la langue des Muyscas, la limite des champs cultivés, parce que, sous la domination des indigènes, la chaîne de montagnes située derrière la capitale était appelée Bakata. Huncahua soumit le pays depuis les montagnes d'Opon jusqu'aux savanes de San Juan de los Llanos. Je n'ai point cru devoir comparer dans le texte l'ancienne constitution de l'État des Muyscas à celle du Japon, où l'on a distingué à tort l'autorité spirituelle et l'autorité temporelle, représentées, l'une par le Dairi, l'autre par le Seogun. Cette division n'a jamais existé au Japon. Le Seogun est le chef militaire qui exerce le pouvoir depuis l'usurpation du XIIe siècle; le Dairi est le chef de la dynastie détrônée. Jadis souverain temporel, le Dairi est cependant d'origine divine; sa personne est tellement sacrée qu'il n'est permis de lui couper

les ongles que dans son sommeil; c'est ce qui, dans le dialecte en usage à la cour du Japon, s'appelle voler les ongles de l'empereur. Voy. *Nipon o daï isti Ran*, 1834, p. 436.

(75) [page 137]. Humboldt et Bonpland, *Plantæ æquinoctiales*, t. I, tab. 11.

(76) [page 139]. Comp. Joaquin Acosta, *Viages cientificos á los Andes Ecuatoriales*, 1849, p. 313-318, et le *Semanario de la Nueva Granada*, édit. de 1849, p. 398. Les résultats attribués dans ces deux ouvrages au savant Caldas sont fort peu d'accord entre eux; ils varient de 183 à 220 varas, c'est-à-dire (1 vara étant égale à 0m,835, d'après Ciscar) de 153 à 184 mètres. J'ai trouvé au minimum 165 mètres, au maximum 181 mètres.

(77) [page 139]. Humboldt, *Vues des Cordillères*, pl. VII, éd. in-fol.

(78) [page 141]. Même à de moindres hauteurs, à 1860 mètres seulement, j'ai trouvé, sur le Cerro del Portachuelo, beaucoup de fossiles microscopiques qui vraisemblablement étaient des trochites.

(79) [page 141]. Sur le chemin de Bogota à Honda, entre Hatillo et Guaduas, Roulin a trouvé dans du calcaire noir, qui paraît être un terrain de transition, des Ammonites de 8 à 10 pouces, probablement les Goniatites de L. de Buch.

(80) [page 145]. Les dépôts de sel gemme que je distingue des sources salées ont été soulevés, par l'effet de la pression, dans l'ordre suivant : Pinceima sur le Rio Negro, Zipaquira, Enemocon, Tausa, Mina de San Juan, Gacheta, Medina, Chita, Chamesa et el Receptor. Ces trois derniers points sont situés à l'entrée des Llanos de Casanare, dans les environs du Rio Crabo. Le tout forme, non pas une faille, mais une large zone, qui suit partout la même direction.

(81) [page 145]. Voy. l'*Atlas géographique de la Nouvelle-Espagne*, nos 19 et 24.

(82) [page 147]. Cuvier, *Recherches sur les Ossements fossiles* (1821), t. I, p. 157, 261 et 264.

(83) [page 148]. Voy. Karsten, *Archiv für Mineralogie*, t. XI, 1838, p. 234.

(84) [page 149]. Humboldt, *Essai géognostique sur le gisement des Roches dans les deux hémisphères*, 1826, p. 223, et *Tableaux de la Nature*, t. II, p. 346, de la traduct. franç. publiée par MM. Gide et Baudry.

(85) [page 149]. Il est à peine utile de nommer Léopold de Buch. — L'espérance que j'exprimais a été remplie par trois travaux importants de ce grand géologue, *Pétrifications recueillies en Amérique par A. de Humboldt et par C. Degenhardt*, 1839, p. 11, 16, et 18, in-fol.; *Betrachtungen über die Verbreitung und die Grenzen der Kreide-Bildungen*, 1849, p. 15, 22 et 25; *Uber die formationen der Andes von Venezuela*, ouvrage composé d'après les envois de coquilles faits en 1849 par le savant voyageur Hermann Karsten. « A en juger par les fossiles analysés jusqu'à ce jour, dit Léopold de Buch, il paraît constant que toutes les formations horizontales de la chaîne des Andes, qui descendent depuis la partie septentrionale du Mexique jusqu'à Cuzco ou fort avant dans l'hémisphère du Sud, appartiennent au groupe crétacé. C'est à ce groupe que doivent être rapportés les dépôts de houille situés dans les environs de Zipaquira, de Tausa, du Cerro de los Tunjos et de Chipo, près de Canoas; le sel gemme et le gypse de la Mina de Rute de Zipaquira; les puissantes couches de grès de Cuença; le schiste de Villeta, qui alterne avec le calcaire; les roches calcaires, traversées par de riches filons d'argent, de Gualgayoc et de Chota, de Montan et de Guambos, où, à 3900 mètres au-dessus de la mer, on trouve des Ammonites qui n'ont pas moins de 14 pouces de diamètre, des Isocardes et des Exogyra polygona; enfin, cette singulière formation de quartz, située sur le paramo de Yanaguanga, qui n'est autre vraisemblablement que

du quadersandstein, et qui remplit tout le versant occidental des Andes du Pérou, entre Namas, Magdalena et Châla. Une coquille connue sous le nom de trigonia aliformis, qui est fort répandue depuis Zipaquira et Socorro jusqu'à Tocayma, prouve bien que les montagnes de Bogota appartiennent tout entières aux couches crétacées intermédiaires ; mais comme le groupe crétacé atteint et dépasse dans ces lieux l'énorme épaisseur de 1600 mètres, il est bien permis de douter que tout appartienne à une même division. Déjà, près de Socorro, l'Exogyra Couloni indique l'existence de couches plus profondes ou du néocomien, d'autres fossiles témoignent de la présence du gault. Sur les Andes de Truxillo et de Tocuyo, qui relient les Cordillères de la Nouvelle-Grenade à la chaîne côtière de Venezuela, règne un calcaire noir, contenant des restes d'animaux marins, à la vue desquels le voyageur se croit transporté en Europe. On se figure avoir sous les yeux une collection de fossiles recueillie sur les Alpes de la Savoie, sur la célèbre montagne de Fis, dans le val d'Hilliers, ou à la perte du Rhône, près de Genève. La limite septentrionale de la craie de tout l'ancien continent est située par 57° de latitude, près de Thistedt, dans le Jutland. Dans la région qui s'étend à l'est de la mer Baltique, la craie la plus septentrionale appartient au gouvernement de Grodno, et est située par 54°. Depuis l'Oural jusqu'à Ochotsk, il n'y en a point trace ; mais d'après Middendorf, les terrains jurassiques se retrouvent jusqu'à Olenek, sous le 72° parallèle, et même à l'île de Fradejew, dans la Nouvelle-Sibérie. Aux États-Unis, la formation crétacée ne s'étend pas, à l'est du Mississipi, au delà du 40° degré de latitude nord, mais elle se propage fort loin à l'est du territoire d'Alabama, dans les États du Tennesée et du Kentucky. Du côté de l'ouest, sur les bords du Missouri, on trouve de la craie jusqu'à 48°,20′, au-dessous de l'embouchure du Yellow-Stone River. On peut supposer même que cette formation atteint, à l'ouest du Mississipi, 50°,10′ de plus que dans la partie orientale des États-Unis. Dans l'Amérique du Sud, Darwin a suivi des couches de craie à travers le Chili,

presque jusqu'aux points extrêmes du continent, notamment jusqu'à Port-Famine, par 53°,38′. La craie, par conséquent, approche du pôle sud de 3° 1/2 de plus qu'elle n'approche du pôle nord, sur les bords du Missouri. Dans tout le Brésil, dans les vastes espaces de la Plata, du Paraguay et de la Bolivie, on n'a jamais vu de craie, et l'on peut dire qu'il n'y en a jamais eu. On se demande, au contraire, si, antérieurement au soulèvement des Andes, il n'y a point eu un banc de craie sur la faille volcanique au-dessus de laquelle se sont élevées ces montagnes.

(86) [page 150]. C'est ici le lieu de rapprocher les nombres qui, dans l'état actuel de nos connaissances hypsométriques, au printemps de l'année 1850, marquent la hauteur des points culminants dans les chaînes de montagnes de l'Ancien et du Nouveau-Monde. Comme à part l'indécision ou les divergences des opinions, la diversité des résultats numériques, qu'on rencontre dans les livres et sur les cartes, peut tenir aussi à des réductions de mesures inexactes, j'ai eu soin d'indiquer à la fois les principales hauteurs en pieds anglais, en toises et en mètres.

Les plus hautes cimes de l'Indoustan ont été déterminées 70 à 80 ans plus tard que celles des Cordillères. Ce n'est que dans l'intervalle de 1819 à 1825, qu'en réunissant les excellents travaux de voyageurs anglais, tels que Hodgson, Webb, Herbert, William Lloyd, et les frères Gérard, on a reconnu dans le Dhawalagiri ou Montagne Blanche et dans le Jawahir ou Djawahir les deux points culminants de la partie de l'Himalaya, dirigée de l'est à l'ouest. On attribuait alors au Dhawalagiri (lat. 28° 40′, longit. 80° 59′), 4391 toises = 8558 mètres = 28077 pieds anglais; et au Jawahir (lat. 30° 22′, longit. 77° 37′), 4027 toises = 7848 mètres = 25749 pieds anglais. La hauteur que le jésuite tyrolien Tieffenthaler assignait en 1766 au Dhawalagiri, désigné sur sa carte de l'Himalaya par ces mots : « Montes Albi qui Indis Dolaghir, nivi obsiti, » est moins sûre, et

Colebrooke, dans des lettres qu'il m'a écrites, la déclare inexacte (Voy. mon *Asie centrale*, t. III, p. 281-290, et *Cosmos*, t. I, p. 11). D'autre part, mon ami, le docteur Joseph Hooker, attaché comme botaniste à la dernière expédition au pôle Sud, m'a écrit en 1848 de Darjiling, dans le Sikkim-Himalaya, que sous le méridien de Sikkim, entre le Dhavalagiri et Schamalari, entre Boutan et Népal, le colonel Waugh, *Director of the trigonometrical Survey of India*, a mesuré avec beaucoup d'exactitude une montagne, appelée le Kinchinjinga ou Kintchin-Dchunga, dont la cime neigeuse occidentale atteint 4406 toises = 8588 mètres = 28178 pieds anglais. La cime orientale est haute de 4226 toises = 8236 mètres = 27826 pieds anglais (Comp. *Journal of the Asiatic Society of Bengal*, novembre 1848, t. XVII, 2e part., p. 577). Le colossal Kinchinjinga est représenté en tête du magnifique ouvrage de Joseph Hooker, intitulé *The Rhodendrons of Sikkim-Himalaya*, 1849. Il dépasse de 379 toises le Jawahir, et a été mesuré avec une telle exactitude que les résultats de sept opérations trigonométriques faites par M. Waugh sur diverses stations, n'ont varié qu'entre 28125,7 et 28212,8 pieds anglais. La base mesurée dans la plaine avait 36685 pieds anglais. D'après une mesure plus récente du Dhawalagiri, il est établi, dans la Monographie des Rhododendrons, que cette montagne le cède au Kinchinjinga. Mais entre le Dhawalagiri, le Kinchinjinga et une troisième cime gigantesque, le Deodangha, il semble exister une si petite différence qu'on ne sait s'il ne faut pas l'attribuer à quelque erreur dans les mesures. Tous trois ont certainement un peu plus de 28000 pieds anglais ou 26272 pieds de Paris. « Mr. Waugh concludes » (m'écrit de Darjiling le docteur Joseph Hooker, à la date du 26 avril 1849), « that there can be but little difference between *Dhawalagiri*, *Kinchinjinga* and *Deodangha*, » that no other Peaks approach these. »

Pendant 18 ans, de 1830 à 1848, on a considéré comme les deux points culminants des Cordillères américaines, le pic le plus méridional du Nevado de Sorata, situé un peu

au sud du village de Sorata ou Esquibel, dans la chaîne orientale de la Bolivie, et le Nevado de Illimani, à l'ouest de la mission Yrupana, situé également dans la chaîne orientale de la Bolivie, la plus éloignée de la mer. On attribuait alors au Sorata (lat. sud 15° 51′, longit. ouest 70° 54′) 3949 toises = 7696 mètres = 25250 pieds anglais; à l'Illimani (lat. 16° 39′, longit. 70° 9′) 3753 toises = 7315 mètres = 23999 pieds anglais. Ces mesures hypsométriques, prises en 1827 par Pentland, qui fut longtemps agent politique du gouvernement britannique dans la république de Bolivie, ont été communiquées par lui à Arago, et publiées dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes pour* 1830, p. 323. Depuis, malheureusement elles ont été répandues dans toutes les langues, dans tous les ouvrages qui traitent des hauteurs de montagnes, et ont passé sur beaucoup de profils hypsométriques. Mais depuis que M. Pentland a publié, à Londres, en juin 1848, sa grande et belle carte du bassin de Titicaca, sous le titre de *La Laguna de Titicaca and the valleys of Yucay, Collao and Desaguadero in Peru and Bolivia*, on sait que les nombres donnés plus haut comme la mesure du Sorata et de l'Illimani sont trop grands de 3726 et 2675 pieds de Paris. La carte en effet ne donne au Sorata que 21286 pieds anglais = 3328 toises; et à l'Illimani 21149 pieds anglais = 3307 toises. M. Pentland est arrivé à ces nouveaux résultats, en soumettant à un calcul plus exact ses opérations trigonométriques de 1838, durant son second séjour en Bolivie. On a donc soutenu pendant 18 années cette erreur, que le Chimborazo, que j'ai trouvé haut de 3350 toises = 6530 mètres = 21422 pieds anglais, était de 3592 pieds de Paris ou de 3827 pieds anglais plus bas que le Sorata; et que le Sorata ne le cédait que de 2653 pieds de Paris ou 2828 pieds anglais au Dhawalagiri, la plus haute cime de l'Himalaya. J'ai moi-même accrédité cette opinion; mais nous savons maintenant que le Sorata est inférieur de 132 pieds au Chimborazo, et de 6371 pieds au Dhawalagiri. Des deux opérations trigonométriques faites sur le pic de Ténériffe, par

Borda, en 1771 avec Pingré, en 1776 avec Chastenet de Puységur, la première contenait aussi une erreur de 1224 pieds de Paris; un angle avait été par mégarde évalué dans le registre à 33′ au lieu de 53′. L'opération faite dans l'île même de Ténériffe donna pour résultat à Borda et à Pingré 1742 toises de hauteur au-dessus du niveau de la mer, ils n'en trouvèrent que 1701, en calculant en pleine mer des angles de hauteur d'après des distances approximatives. A la suite de l'excellente mesure trigonométrique de 1776, on s'arrêta à 1905 toises; j'ai même trouvé depuis, par une mesure barométrique calculée de nouveau d'après la formule de Laplace, 1976 toises. Borda s'était donc trompé d'abord de 1200 pieds ou 1/9 du chiffre total; l'erreur de Pentland pour le Sorata était de 3700 pieds ou de 1/5. Voy. dans mon *Voyage aux régions équinoxiales*, t. I, p. 227-283, des fragments d'un Rapport de Borda resté jusqu'alors inédit, et conservé dans le Dépôt de la Marine à Paris.

Bien que le Sorata et l'Illimani soient inférieurs en hauteur au Chimborazo, cependant cette montagne ne peut vraisemblablement plus être réputée le point culminant du Nouveau Monde. En août 1835, les officiers attachés à l'expédition de l'*Adventure* et du *Beagle*, sous le commandement du capitaine Fitz-Roy, ont mesuré, à l'aide d'angles de hauteur, le Nevado de Aconcagua, situé au nord-est de Valparaiso (latit. 32°,39′), et l'ont trouvé élevé de 23000 à 23400 pieds anglais. Si l'on prend la moyenne, soit 23200 pieds anglais ou 21767 pieds de Paris, l'Aconcagua est de 1667 pieds de Paris plus haut que le Chimborazo, Voy. *Narrative of the Voyages of the Adventure and Beagle*, t. II, 1839; *Proceedings of the second Expedition, under the command of Capt. Fitz-Roy*, p. 481; Darwin, *Journal of Researches*, 1845, p. 253 et 291. Après avoir calculé de nouveau les mêmes angles, Pentland donne à l'Aconcagua 23910 pieds anglais = 3739 toises. Voy. Mary Somerville, *Physical Geography*, 1849, t. II, p. 425. D'après ce calcul, l'Aconcagua serait de 389 toises plus haut que le Chimborazo. Au mois de novembre 1845, pendant l'expédition de la frégate *Herald*, le

capitaine Kellet et le lieutenant Wood ont trouvé pour la hauteur de la cime intermédiaire de l'Aconcagua 23004 pieds anglais ou 21584 pieds de Paris. Voy. Berthold Seemann, *Reise um die Welt auf der Freg. Herald*, 1845-1851, t. I, p. 40. Dans cette même Cordillère volcanique, qui longe la côte de la Bolivie, la belle carte de Pentland indique quatre autres pics, situés à l'est d'Arica, entre 18°,7′ et 18°,25′ de latitude australe, qui tous dépassent la hauteur du Chimborazo. Ce sont le Sahama, le Parinacota, le Gualateiri et le Pomarape. La plus élevée de ces montagnes, le Sahama, ne paraît pas avoir moins de 20971 pieds; on évalue la hauteur de la plus basse, du Pomarape, à 20360 pieds de Paris. Le Sahama, inférieur de 1463 pieds de Paris au Nevado de Aconcagua, dépasserait donc encore de 871 pieds le Chimborazo. Je ne crois pas sans importance d'enregistrer les données numériques, certaines ou même problématiques, qui se produisent à différentes périodes sur la conformation de la surface terrestre. Malheureusement les cimes de montagnes, qui dominent ces vastes soulèvements ne sont, suivant moi, que des phénomènes isolés, qui, de même que les stériles ascensions sur les montagnes neigeuses, attirent l'attention de la foule fort au delà de leur mérite.

(87) [page 152]. J'ai mesuré trigonométriquement la hauteur du Chimborazo au-dessus du niveau de l'Océan pacifique, au mois de juin 1803, sur le plateau de Tapia, couvert de pierres ponces, non loin de la nouvelle ville de Riobamba, entre l'église de La Merced et le couvent de Saint-Augustin. La base, composée de trois parties dont la dernière fut mesurée deux fois, avait une longueur de 1702^{m},49 ou de 874 toises. La distance entre l'extrémité A de la base et la cime de la montagne se trouva être de 30662^{m},73; la distance horizontale de 30437^{m},40, et l'arc de cercle de 16′ 27″,65. L'angle de hauteur, mesuré avec le sextant et l'horizon artificiel, abstraction faite de la réfraction, était, au point A, de 6° 48′ 58″,20; d'où il résulte que la cime du Chimborazo s'éle-

vait au-dessus de la plaine de 3639^{m},35 ou 1867^{t},25. Or, d'après mes déterminations barométriques, le plateau de Tapia est situé à 2891^{m},2 ou 1482^{t},8 au-dessus du niveau de la mer, et bien que dans une autre saison, à une époque où la chaleur des couches atmosphériques décroît suivant une autre proportion, Boussingault ait trouvé 11 toises ou 21^{m},4 de moins. On peut conclure de ce qui précède que la hauteur totale du Chimborazo est de 3350 toises ou 6530^{m},5.

D'après la formule de réfraction que Laplace a donnée dans sa *Mécanique céleste*, la hauteur du Chimborazo serait, avec l'effet de la réfraction, de 3637^{m},75, et, sans réfraction, de 3645^{m},32. La différence de 21^{m},4 pour le résultat de la hauteur totale ferait supposer une erreur de 10 mètres dans le calcul de la base. En supposant, dans l'angle de hauteur, une erreur de 10″, il n'en résulterait pour la hauteur totale qu'une différence de 1^{m},5. Voy. pour les détails de cette opération les calculs d'Oltmanns, dans mon *Recueil d'Observations astronomiques*, Introduction, t. I, p. LXXII-LXXIV. Le résultat que j'ai trouvé pour la hauteur du Chimborazo tombe entre l'évaluation de la Condamine et celle de Don Jorge Juan, et ne diffère de la dernière que de 30 toises. Si l'on tient compte de toutes les complications qui rendaient si difficiles les mesures de hauteur dans les Cordillères, à une époque où l'on n'exécutait pas encore, où du moins l'on exécutait fort imparfaitement, dans les mesures barométriques, les corrections dues à la température, corrections fort importantes cependant, lorsqu'il s'agissait de ramener au niveau de la mer des hauteurs de 2630 à 2930 mètres, comme pour les bases mesurées entre Carabourou et Oyanbaro ou près de Quito, on expliquera ainsi les différences considérables que présentent les résultats des Astronomes français et espagnols, bien qu'ils reposent sur des observations identiques. D'autres combinaisons amenèrent d'autres déterminations hypsométriques. Bouguer et la Condamine assignent au Chimborazo 3220 toises = 6276 mètres, Don Jorge Juan et ses collaborateurs, 3390 toises = 6588 mètres. La hauteur de

Quito, abaissée de 32 toises, et d'après Boussingault, de 36 toises, par Bouguer et la Condamine, n'influe pas immédiatement sur ces différences; ce n'est point de là que dépend la hauteur des montagnes neigeuses, mais bien plutôt de l'opération consistant à réduire au niveau de la mer la base mesurée entre Carabourou et Oyambaro, dans la plaine de Yaruqui, par une série de triangles, dont les sommets sont pour la plupart situés entre 1800 et 2200 toises de hauteur. L'incertitude de combinaisons si compliquées est démontrée manifestement par les opérations de Don Jorge Juan lui-même, qui, d'après différentes hypothèses, évalue la longueur de la base de Carabourou à 1155, 1214, 1268, et même 1283 toises; différence entre le premier et le dernier de ces nombres : 128 toises. Pour mesurer la cime du Chimborazo, on prit des angles de hauteur de quatre stations différentes, dont la plus proche de la montagne, celle de Mulmul, était encore éloignée de 4° 19′ 55″; mais Mulmul lui-même ne pouvait être rattaché à la base de Yaruqui, distant de 22 milles géographiques, qu'au moyen de triangles et de la série de signaux nécessaires. Nous savons d'ailleurs très-imparfaitement comment on a réduit cette base et tous les signaux au niveau de la mer, en vue de déterminer l'altitude absolue du Chimborazo. Nous savons seulement d'une manière générale qu'on a fait servir pour cette réduction le *Cacumen lapideum* du Pichincha et les deux pyramides du Nevado de Ilinissa, visibles à une fort grande distance sur la côte, et dont j'ai donné une image dans mes *Vues des Cordillères*, pl. XXXV. Voy. aussi l'atlas joint à ce volume, pl. VII. Mais les Académiciens français avaient déjà évalué la hauteur du Rucu-Pichincha (*Cacumen lapideum*) à 2432 toises au lieu de 2491; erreur en moins : 59 toises. « Je ne pouvais, dit la Condamine, partager, en août 1740, avec M. Bouguer, les fatigues d'une course pénible et laborieuse de près de deux mois, dans la province d'Esmeraldas, pour déterminer, dans un lieu, *dont la hauteur au-dessus de la mer fût connue*, celle de quelques-unes de nos montagnes, afin de pou-

voir réduire au niveau de la surface de la mer la valeur du degré que nous avions mesuré sur le haut de la Cordillère. L'observatoire de M. Bouguer (le point d'où il pouvait voir Iliniça) était établi dans l'île de l'Inca, sur la rivière d'Esmeraldas. — En mars 1741, j'étais occupé d'un travail peu agréable sur la hauteur absolue des montagnes. J'étais bien sûr que le travail de M. Bouguer à l'île de l'Inca et les angles observés à Papa-Ourcou, près du Cotopaxi, comme au Quinché, où nous avions opéré ensemble, n'avait pas besoin de vérification, et d'autant moins que 100 toises d'erreur sur la hauteur des montagnes n'auraient pas changé de 2 toises la largeur du degré. La multiplicité des éléments de cette supputation et le long circuit qu'il fallait faire pour atteindre le but, ne me rebutèrent point; je fis le calcul tout au long, et après un travail opiniâtre je trouvai la distance de l'observatoire de l'île de l'Inca au sommet d'Iliniça, la hauteur de cette montagne et celle de Pichincha les mêmes, à 2 ou 3 toises près, que M. Bouguer. » (Voy. la Condamine, *Journal du voyage à l'équateur*, p. 94 et 111). Dans *La mesure des trois premiers degrés du méridien dans l'hémisphère austral*, p. 52, la Condamine dit que la hauteur de l'île de l'Inca au-dessus de l'Océan pacifique ou de l'embouchure du Rio de las Esmeraldas n'a été déterminée que d'après l'estime de la pente de cette rivière, et qu'entre son évaluation et celle de Bouguer il y avait environ une différence de 12 toises. Combien il est plus simple de mesurer les montagnes immédiatement par la méthode géodésique, au moyen d'un ou deux angles de hauteur, en ayant soin de bien mesurer la base, soit qu'on la dirige vers la cime ou qu'elle suive une direction dont l'inclinaison est connue! Actuellement nos formules barométriques réduisent avec beaucoup de sûreté la base au niveau de la mer, de manière à changer en hauteur absolue la hauteur relative. Bouguer semble avoir senti lui-même l'inconvénient de la méthode compliquée qu'il avait suivie pour les déterminations de hauteur; car, après s'être plaint de l'influence de la réfraction sur les nombreux angles de dépression, il

ajoute que les hauteurs n'ont pas pu être calculées avec la même exactitude que les distances des signaux (Voy. *Figure de la Terre*, p. 119-122 et 167). Si les travaux auxquels il se livra pendant deux mois dans la plaine boisée de l'île de l'Inca n'ont pas amené des résultats bien certains, Bouguer néanmoins aura toujours le mérite d'avoir le premier donné, après Pascal, Mariotte et Halley, une formule barométrique réelle et d'une application facile, bien qu'imparfaite. Il fallut bien des années avant que le *coefficient* barométrique embrassât, dans la formule de Laplace et de Ramond, la température du mercure et celle de l'air, la latitude géographique et le décroissement de la pesanteur.

Les doutes que je viens d'exposer sur la mesure du Chimborazo, par Bouguer et la Condamine, me sont venus à l'esprit en considérant l'ensemble de leur opération, et n'ont pas pour cause un excès de confiance dans mes propres résultats. Depuis un demi-siècle, je n'ai cessé d'exprimer de la manière la plus instante le désir que le Chimborazo fût mesuré d'après la méthode géodésique, par un observateur plus expérimenté, avec des instruments précis, et au moyen d'une base déterminée plus exactement. Pour expliquer dans nos mesures une différence de 100 toises il faudrait supposer, ainsi que l'a remarqué Oltmanns, une erreur de 10′ 54″ dans l'angle compris entre les extrémités de la base et la cime, ou de 46′,7 dans la longueur de la base, ou bien de 21′ 58″ dans l'angle de hauteur. Si la cause de ces erreurs se trouvait dans la réfraction terrestre, il faudrait que cette réfraction, au lieu d'être 0,042 de l'angle compris entre la station A et la cime, fût de 1,39. Portera-t-on jamais un baromètre sur la cime du Chimborazo, comme, il y a peu d'années, de hardis physiciens ont réussi à le faire sur le Finsterarhorn, la Jungfrau et le Schreckhorn ?

(88) [page 154]. La plante phanérogame la plus élevée, qui ait été trouvée par le colonel Hall sur la pente du Chimborazo, est le Saxifraga Boussingaulti qui végétait à 2466 toises = 4806 mè-

tres de hauteur; mais alors la limite de la neige éternelle descendait plus bas (Voy. mon *Asie centrale*, t. III, p. 262). Entre 14000 et 15000 pieds, nous avons recueilli, parmi les cryptogames : le Stereocaulon botryosum, très-différent du Stereocaulon paschale, le Lecidea atrovirens, le Gyrophora rugosa, le Bryum argenteum, le Polytrichum juniperinum, le Grimmia longirostris que nous avons trouvé à 14280 pieds, le Jungermannia setacea de Hooker, le Gynostomum julaceum ; parmi les phanérogames : le Gentiana rupicola et le Gentiana cernua, le Culcitium rufescens, le Culcitium nivale, qui remplace les Espeletia laineuses des Paramos et des Cordillères de la Nouvelle-Grenade, le Lysopomia reniformis, le Ranunculus Gusmanni, trois Calcéolaires (C. saxatilis, C. rosmarinifolia et C. hysopifolia); trois Crucifères fort rares dans la zone tropicale : le Drapa Bonplandiana, l'Eudema nubigena et l'Arabis andicola; enfin plus bas, entre 10000 et 11000 pieds de hauteur : l'Arenaria serpens, l'Andromachia nubigena, l'Eupatorium salviæfolium, le Bidens andicola, le Werneria nubigena, nouveau genre voisin du Senecio, et le Dumerilia paniculata.

Entre les nombreuses Composées que j'ai citées plus haut, on distingue, sur le Chimborazo, le beau Bacharis gnidiifolia, l'une des quatorze espèces nouvelles de Bacharis, découvertes et décrites par nous (Comp. *Synopsis Plantarum quas collegerunt Alexander de Humboldt et Amatus Bonpland, auctore C. S. Kunth*, in-8°, 1823, t. II, p. 376-388, et notre *Nova genera et species Plantarum*, in-folio, t. IV, p. 48-68). Les mousses, auxquelles nous avons donné une attention particulière, ont été décrites en partie par sir William Hooker dans les *Musci exotici*, immédiatement après mon retour du Mexique. Contrairement à l'opinion longtemps dominante, on a reconnu, parmi ces mousses, après un mûr examen, beaucoup d'espèces européennes, telles que le Bryum argenteum, le Sphagnum acutifolium, le Polytrichum juniperinum, le Trichostomum polyphyllum, le Neckera crispa, le Funaria hygrometrica, etc. Je crois en outre devoir répéter ici ce fait important pour la

géographie des plantes et pour la diffusion des espèces, que les Musci frondosi ne se rencontrent pas seulement, sous les tropiques, à l'état de plantes alpestres et dans les régions les plus froides des Cordillères. En certains endroits très-ombragés de la zone torride, nous avons trouvé, à quelques centaines de pieds seulement au-dessus du niveau de la mer, des lits de mousse d'une végétation aussi fraîche et aussi riche que dans nos pays du Nord. « Est enim incredibilis numerus muscorum, lichenum et fungorum, non solum in cacumine Andium, aere frigido circumfuso, sed etiam in calidis et opacissimis sylvis, ubi, sub luco viridente, plantæ agamiæ irriguam obtegunt terram. Exempla præbent regiones ferventissimæ ad ripam fluminis Magdalenæ, Hondam inter et Ægyptiacam, sylvæ Orinocenses propter Esmeraldam et Mandaracam, littora maris Antillarum prope ostia fluminis Sinu, ubi fere totum per annum aëris temperies inter 23° et 25° Reaum. consistit. » (Humboldt, *De distributione geographica Plantarum*, p. 29). J'ai représenté la végétation du Chimborazo et du Nevado qui en est le plus rapproché, sur une grande carte embrassant tous les climats superposés, à partir du niveau de la mer jusqu'à 15000 pieds de hauteur, et où sont indiquées environ 400 espèces de plantes, toutes placées dans les régions qui leur sont propres et dans leurs stations hypsométriques (Voy. l'*Atlas géographique et physique de la Relation historique*, pl. IX).

(89) [page 155]. Ma mesure barométrique a donné 2890 mètres, celle de Boussingault 2870 mètres. Boussingault a adopté 16°,4 centig. pour la température moyenne du plateau de Tapia mesurée à quelques pouces au-dessous de la surface du sol.

(90) [page 157]. Je rappelle la tradition mexicaine ou aztèque qui se rattache à la pyramide tronquée de Cholula ou Cholollan, située un peu à l'ouest de la Puebla de los Angeles. J'ai trouvé à la bibliothèque du Vatican, dans l'important manuscrit du dominicain Pedro de los Rios, qui en 1566 s'occupait

à copier des peintures hiéroglyphiques dans la Nouvelle-Espagne, le passage suivant que je traduis de l'espagnol : « Avant la grande inondation (apachihuiliztli), le pays d'Anahuac était habité par des géants (Tzocuillixeque). Tous ceux qui ne périrent pas dans les eaux furent changés en poissons, à l'exception de sept, qui trouvèrent un abri dans des cavernes. Lorsque les eaux se furent écoulées, ce qui arriva dans le quatrième âge du monde, un de ces géants, Xelhua, surnommé l'architecte, alla à Cholollan, où, en mémoire de la montagne Tlaloc, qui lui avait servi d'asile à lui et à six de ses frères, il construisit une colline artificielle en forme de pyramide. Il fit fabriquer les briques destinées à cet usage dans la province de Tlamanalco, au pied de la Sierra de Cocotl, et disposa, sur une étendue de plusieurs milles, jusqu'à l'endroit où la pyramide devait être érigée, une chaîne d'hommes non interrompue qui se tendaient les briques et les pierres de main en main. Mais les dieux voyaient de mauvais œil une construction qui menaçait de s'élever jusqu'aux nues; ils firent tomber du feu qui consuma un grand nombre d'ouvriers. La pyramide de Cholollan, qu'ils regardaient comme un Téocalli, c'est-à-dire comme une des Maisons de leurs dieux, resta inachevée et fut en cet état dédiée à Quetzalcoatl, dieu de l'air et des tempêtes. » Au temps de l'expédition de Hernan Cortès, les Chololtèques montraient encore un aérolithe, dont la forme ressemblait à celle d'un crapaud, et qui était tombé d'un globe de feu sur la pyramide. Voy. Humboldt, *Vues des Cordillères*, édit. in-8°, t. I, p. 114, et pl. III; *Essai politique sur la Nouvelle-Espagne*, 1827, t. II, p. 151, et Prescott, *Conquest of Mexico*, t. III, p. 380.

(91) [page 165]. Le Pulex penetrans, la chique des colons français dans les Antilles, pénètre sous la peau de l'homme, et après la fécondation, l'ovaire de la femelle y développe des inflammations par le volume considérable qu'il acquiert. C'est une curiosité physiologique, que cet insecte, dont j'ai si souvent souffert, ne visite pas les indigènes et s'attaque même rarement

aux créoles nés en Amérique, mais seulement aux nouveaux venus, de race blanche ou noire.

(92) [page 170]. Voy. *Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge*, 1836, § 64, p. 147-160. Des expériences récentes faites par les frères Weber à Berlin ont parfaitement confirmé cette conjecture que la jambe est maintenue dans la cavité articulaire par la pression de l'air atmosphérique.

(93) [page 171]. Voy. la Condamine, *Journal de Voyage à l'Équateur* (Introduction historique), p. 58.

(94) [page 175]. *Vues des Cordillères*, in-fol°, pl. XVI et XXV. Voy. aussi l'Atlas joint à ce volume, pl. IV.

(95) [page 175]. La Condamine, *Journal du Voyage à l'Équateur* (Introduct. histor.), p. 68.

(96) [page 176]. Mes observations, fondées soit sur des mesures géodésiques, auquel cas, le nom des montagnes est marqué d'un astérisque, soit sur des mesures barométriques, donnent comme limite inférieure de la neige éternelle, pour les Cordillères de Quito, entre 0° et 1° 1/2 lat. australe, 2471 toises ou 4816 mètres. Ce chiffre est la moyenne des mesures prises du mois de février au mois de juin 1802, dans lesquelles se sont manifestées, il est vrai, de petites oscillations, produites par la différence des saisons, même à si peu de distance de l'équateur.

Sur l'Antisana *.	4859 mètres	=	2493 toises.
Le Cotopaxi *. . . .	4853 »	=	2490 »
Le Chimborazo *. . .	4816 »	=	2471 »
Le Huahua-Pichincha.	4794 »	=	2460 »
Le Rucu-Pichincha. .	4785 »	=	2455 »
Le Corazon *.	4790 »	=	2458 »

Boussingault trouva en 1831 :

Sur l'Antisana.	4871 mètres	=	2499 toises.
Le Chimborazo. . . .	4868 »	=	2497 »
Le Cotopaxi..	4804 »	=	2464 »

La moyenne de Boussingault est de 2487 toises = 4847 mètres; elle diffère de la mienne de 16 toises seulement. Les oscillations insignifiantes de la limite inférieure des neiges éternelles et le peu de changements que subit sous les tropiques la température des couches d'air superposées produisent ce phénomène, si surprenant pour le voyageur européen, d'une ligne parfaitement horizontale, marquant distinctement, à une si grande hauteur, la naissance des neiges. Dans les Alpes suisses, de nombreux accidents de terrains, tels que des cavernes et les inégalités des vallées, dérangent l'uniformité de ce spectacle. Dans la zone tempérée, surtout sous les latitudes septentrionales, la ligne n'est pas nettement tracée, mais rompue et brisée par la présence des glaciers, sur lesquels la température est sans effet. Lorsque, entre les tropiques, les regards découvrent un groupe de plusieurs nevados, la direction parfaitement horizontale de la ligne des neiges permet aux paysans les plus grossiers de juger très-exactement la hauteur relative des cimes voisines. Les montagnes, dont les masses éternellement couvertes de neige s'élèvent le plus au-dessus de la limite inférieure, sont reconnues pour être les plus hautes. Longtemps avant qu'on ne mesurât les Cordillères de Quito, les indigènes (los Indios del pais) savaient que le Capac-Urcu et le Chimborazo étaient les plus hautes montagnes de la contrée. Les neiges temporaires, qui offrent une autre ligne horizontale non moins régulière que la première et se prolongeant au-dessous d'elle à plusieurs milles de distance, servent aussi à juger exactement la hauteur relative des altitudes, qui n'atteignent pas la limite normale des neiges éternelles (14830 pieds).

Il résulte de mes recherches que les premiers nevados qui furent signalés dans le Nouveau Continent sont ceux de la Sierra de Citarma, appelée aujourd'hui Sierra de Santa-Marta, et située à l'est de Carthagena de Indias, par 11° de latitude nord. Ce fut à l'occasion de l'expédition de Colmenares, en 1510, que se répandit en Espagne la première nouvelle de ces découvertes, et que l'on se demanda quelles devaient être les

dimensions gigantesques de montagnes qui, si près de l'équateur, étaient encore couvertes de neiges éternelles. On reconnut dès lors que la limite des neiges s'élevait à mesure que l'on s'avançait des pôles vers l'équateur. Ce ne fut cependant que de 1736 à 1742 que Bouguer et la Condamine mesurèrent réellement la limite des neiges dans les Cordillères, et ces mesures précédèrent celles qui furent prises dans les Alpes et dans les Pyrénées. Bouguer, qui s'était formé une idée incomplète, mais juste, des causes qui produisent la basse température des montagnes et le décroissement de la chaleur à mesure que la hauteur augmente, entreprit « de déterminer la hauteur de la surface courbe qui passe par le bas de la neige sur toutes les montagnes du globe. » Voy. *Figure de la Terre*, pl. XLVI-LII. Selon lui, la limite des neiges est sous l'équateur à 2434 toises (4744 mètres); par 28° 1/4, elle est tout au plus à 1950 toises, et s'abaisse jusqu'à 1500 ou 1600 toises par 43° de latitude australe ou boréale. En France, par exemple, et au Chili, les chiffres sont, pour l'hémisphère boréal, moins inexacts qu'on ne serait tenté de le supposer. Sur le tableau de marbre placé dans les bâtiments de l'Université à Quito, et que j'ai trouvé absolument intact, on lit : « Altitudo acutioris ac lapidei cacuminis nive plerumque operti 2432 hexapod. Paris., ut et nivis infernæ permanentis in montibus nivosis. » Si, tenant compte de l'erreur qui s'est glissée dans la hauteur assignée à la ville de Quito, on ajoute à ce nombre 32 toises, on obtient 2464 toises (4802 mètres), et à la suite d'un grand nombre de combinaisons fortuites qui font varier le résultat de 9 toises en plus ou en moins, on retrouve la hauteur déterminée par Boussingault et par moi (Voy. mon *Asie centrale*, t. III, p. 251-256).

(97) [page 177]. Voy. Arago, dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1830, p. 331, et Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 273-281.

(98) [page 177]. Sur la différence de hauteur à laquelle j'ai prouvé, en 1820, que s'élève, sur les deux versants de l'Hima-

laya, la limite inférieure des neiges éternelles, Voy. mes *Tableaux de la Nature*, t. I, p. 120 de la traduct. franç. (1851); l'*Asie centrale*, t. III. p. 293-326; Joseph Hooker, *On the Elevation of the great Table Land of Thibet*, 1850, p. 6, et Strachey, *On the Snow-line in the Himalaya*, dans le *Journal of the Asiatic Society of Bengal*, avril 1849, n° 29. Cette différence de niveau entre la pente indienne et la pente thibétaine est parfaitement confirmée par des observations récentes, mais elle paraît varier suivant les saisons, comme cela est naturel sous la zone tempérée, par ces latitudes de 30 à 31°. Il n'est pas facile de distinguer la limite des neiges sporadiques, et celle des neiges éternelles, et les neiges sporadiques en raison même de leur nature, ne tombent pas simultanément sur la pente septentrionale et sur la pente méridionale. Les premiers résultats auxquels je me suis arrêté étaient, au sud, 2030 toises, au nord, 2600 toises; différence: 570 toises; celles de Hodgson et de Joseph Hooker ont donné, au sud, 2345',5, au nord, 3127',3, différence 781',8; enfin Strachey a trouvé pour le sud 2423',8, pour le nord 2893', différence 469',2. Les mesures que j'avais obtenues tiennent donc le milieu entre celles de Hooker et de Strachey; mais dans sa dernière lettre, datée de Tangou et non plus de Darjiling, mon ami J. Hooker m'a envoyé ce nouveau résultat : au sud 2435', au nord 2501', différence 66'. Une si faible hauteur pour la pente méridionale peut faire supposer que la ligne aura été déplacée par une grande quantité de neige sporadique, ou par quelques circonstances particulières au passage que les voyageurs ont traversé.

(99) [page 180]. Sur la mesure trigonométrique du Chimborazo voyez plus haut p. 546, note 87.

(100) [page 181]. Sur le Capac-Ucu et sur la tradition d'après laquelle le sommet de cette montagne s'affaissa, voy. plus haut p. 154; voy. aussi ma *Géographie des Plantes*, p. 119.

(1) [page 182]. M. le professeur Herman Abich, auquel nous devons d'avoir une connaissance exacte du Caucase, a bien voulu analyser, à ma prière, une roche détachée par moi de la cime du Chimborazo, sur une hauteur de 2530 toises (4930 mètres) et m'a communiqué les résultats suivants :

Silice.	3,136	=	65,09 °/₀
Alumine.	0,770	=	15,98
Oxyde de fer.	0,278	=	5,77
Chaux.	0,126	=	2,61
Magnésie.	0,198	=	4,10
Potasse..	0,096	=	1,99
Soude.	0,215	=	4,46
Substances fluides et chlore.	0,019	=	0,41
Poids total. . . .	**4,818 gr.**		**100 °/₀**

Note additionnelle communiquée par M. de Humboldt au traducteur (juillet 1854).

L'analyse de la roche du Chimborazo par le professeur Abich, a donné 65 parties de silice et seulement 2,61 de chaux ; ce résultat m'a paru assez remarquable pour que je priasse mon ami Gustave Rose de faire analyser un autre fragment du Chimborazo, détaché à une hauteur de 2986 toises (5820 mètres). L'analyse très-consciencieuse de M. le professeur Rammelsberg a donné pour résultat :

Silice.	59,12
Alumine.	13,48
Protoxyde de fer. . .	7,27
Chaux.	6,50
Magnésie.	5,41
Soude.	3,46
Potasse.	2,64

Le poids spécifique qu'Abich avait trouvé être, à une moindre

altitude, de 2,6853, a été de 2,8000, à 2986 toises de hauteur. « Si l'on suppose, dit en concluant Gustave Rose, que, dans l'analyse de Rammelsberg, l'alumine appartient uniquement à l'élément feldspathique, on peut de cette analyse déduire :

Oligoclase	58,66
Augite	35,14
Silice.	4,08
	97,88

» Puis donc qu'en admettant l'oligoclase, il reste encore de la silice libre, il est plus que vraisemblable que l'*élément feldspathique dans la roche du Chimborazo est de l'oligoclase et non du labrador;* car ce dernier ne se rencontre pas avec de la silice libre, et en supposant la présence du labrador, il resterait encore une plus grande quantité de silice. Les laves de l'Etna et de Stromboli contiennent des cristaux d'augite et de labrador, engagés, comme dans les porphyres, dans la pâte ou base de la roche. La roche du Chimborazo contient donc vraisemblablement de l'oligoclase au lieu de labrador, malgré la présence de l'augite. Comme de plus il faut, d'après Abich (*Geologische Beobachtungen über die vulcanischen Erscheinungen von Unteritalien*, p. 123), supposer dans les dolérites la silice égale en moyenne à 51,01 avec un poids spécifique moyen de 2,878, et comme la roche du Chimborazo contient, d'après Rammelsberg, 59,12, d'après Abich, 65,09 de silice, je ne doute pas qu'on ne doive la ranger parmi les trachytes, ainsi qu'Abich l'a reconnu depuis longtemps. Les roches de l'Antisana et du Rucu-Pichincha ressemblent beaucoup à la roche du Chimborazo, si l'on en juge par les échantillons réunis dans la collection de Boussingault. »

D'après les belles analyses de Deville, la roche du pic de Ténériffe se compose également d'oligoclase et d'augite. Quant à celle de l'Etna, la forme des cristaux, qui ont pu être examinés un à un, ainsi que l'analyse chimique d'Abich, insérée dans le

Chemisch-mineralogisches Handwoerterbuch de Rammelsberg, 1841, sect. 1re, p. 379), permettent de la regarder sans hésitation comme un dolérite, c'est-à-dire comme un mélange de labrador et d'augite.

(2) [page 182]. Voy. Poggendorf's *Annalen*, t. XXXVII, p. 188-190.

(3) [page 197]. *Recherches sur la cause qui produit le goître*, etc., dans les *Annales de Chimie et de Physique*, t. XLVIII, p. 41.

(4) [page 204]. D'après les dernières mesures de Pentland, la ville de Caxamarca est située à 4160 mètres (12804 pieds) au-dessus du niveau de la mer, et les parties les plus hautes de la ville de Potosi atteignent 4068 mètres.

(5) [page 205]. Voy. Saussure, *Voyage dans les Alpes*, t. VII, p. 472.

(6) [page 207]. Saussure, *ibid.*, t. VII, p. 321.

(7) [page 214]. Boussingault, *Annales de Physique et de Chimie*, t. LII, 1833, p. 18.

(8) [page 215]. Boussingault, *ibid.*, p. 189 et 397.

(9) [page 216]. D'après Buschmann, *pullu*, dans la langue Qquechhua, signifie *cheveu*, et *nimputti*, *bouillonner*, *murmurer*, en parlant de l'eau.

(10) [page 220]. On ne connaît point la température moyenne de l'air au couvent du Grand-Saint-Bernard, dont la hauteur absolue est de 2426 mètres. Il y a en Europe plusieurs villages placés à plus de 1700 mètres d'élévation; par exemple, Saint-Jacques d'Ayas à 1670 mètres; Trinita-Nuova, près de Grasfoncy, à 1620 mètres.

(11) [page 226]. Ramond, *Mémoire sur la formule barométrique*, p. 108 et 113.

(12) [page 227]. *Philosophical Transactions*, 1693, p. 878.

(13) [page 227]. Geminus, *Isagoge in Aratum*, c. 13; Strabon, *Geogr.*, l. II, p. 97.

(14) [page 228]. *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1719, p. 133; et 1765, p. 145 et 210.

(15) [page 228]. Lambert, *Pyrometrie oder vom Maasse des Feuers und der Värme*, 1779, p. 342.

(16) [page 230]. Prévost, *Du calorique rayonnant*, p. 271, 277 et 292.

(17) [page 231]. Euler, dans les *Comment. Petropolit.*, t. II, p. 98.

(18) [page 231]. Lambert, *Pyrometrie*, p. 141 et 179.

(19) [page 232]. *Ibid.*, p. 318 et 339.

(20) [page 233]. *De variationibus thermom. accuratiùs definiendis* (*Opera ined.*, t. I, p. 3-10). D'Aubuisson, dans une note insérée au *Journal de Physique*, t. LXII, p. 449, a donné une formule qui satisfait aux observations mieux que celle de Mayer. Il admet que la température augmente du pôle à l'équateur comme les cosinus de la latitude élevée à la puissance 2 1/2; mais il ajoute judicieusement que cette formule n'est applicable qu'à une bande de l'Ancien Continent, voisine de l'Océan atlantique boréal.

(21) [page 235]. Kirwan, *An estimate of the Temperature of different latitudes*, c. 3.

(22) [page 239]. *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1719, p. 4.

(23) [page 239]. *Ibid.*, 1735, p. 559.

(24) [page 240]. *Mémoires de la Société royale de Médecine*, 1777, p. 104.

(25) [page 241]. Ramond, *De la formule barométrique*, p. 213.

(26) [page 241]. Moyennes des observations à midi, à Paris, 13°,8; à Clermont en Auvergne (411 mètres), 13°,5; à Strasbourg (138 mètres), 12°,9. Voy. *Bulletin de la Société philomathique de Paris*, 1814, p. 95.

(27) [page 241]. L'expérience a été faite à l'hospice de Saint-Gothard. Voy. *Ephemerides Societatis meteorologicæ Palatinæ*, 1785, p. 47.

(28) [page 242]. Voici un exemple de l'inconvénient qu'il y a à faire trois observations et à diviser simplement par 3 la somme de ces observations, sans égard à la durée des températures partielles : Le 13 juin, à 4 heures du matin 8°, à 2 heures après midi 13°, à 11 heures du soir 8°. En calculant d'après la durée, on trouve :

10°,5	pour 10 heures d'intervalle. . . .	105°;
11°,5	9	103°;
9°,0	5	45°.

Vraie moyenne 10°,5. Les trois époques, employées de la manière que l'on suit communément, donnent 10°,3. Si l'on s'arrête aux deux températures extrêmes, on aura, en prenant la demi-somme, 10°,5.

(29) [page 243]. *Exemple :* Lever du soleil à 6 heures, 10°; à 2 heures après midi, 17°. Lever du soleil, 11°; à 2 heures, 19°. Lever du soleil, 10°. Les vraies moyennes seront, pour les premières 24 heures, 13°,8, pour les secondes, 14°,6; car on aura :

pour 8 heures.	108°,	pour 8 heures. . .	120°,
16 heures. . .	224°,	16 heures. . .	232°.

La méthode vulgairement employée donne $1/2\ (10 + 17) = 13°,5$, et $1/2\ (11 + 19) = 15°$. L'erreur de 0°,3 a été tantôt positive, tantôt négative.

(30) [page 243]. L'erreur disparaît lorsque des jours d'égale

température se succèdent. Elle s'élève à 1°, si, ce qui arrive rarement, les températures moyennes de deux jours qui se suivent immédiatement diffèrent de 4 à 5 degrés.

(31) [page 244]. **Du 3 au 8 septembre 1811, lat. 48°,50′.**

Sommes des températures pendant 24 heures.	Moyenne vraie ayant égard à la durée.	Demi-somme de deux températures extrêmes.
347°,6	14°,4	14°,6
373°,6	15°,5	16°,6
463°,7	19°,3	18°,4
463°,7	19°,3	20°,0
464°,1	19°,3	17°,5
	17°,5	17°,4

Les trois derniers jours offrent une égalité de température bien surprenante, et qui ne se manifeste que dans les moyennes vraies.

(32) [page 244]. *Exemple* : lat. 10°,25′.

		Calcul d'une vraie moyenne, par la durée.	Supposition d'une progression arithmétique.
Avant le *maximum.*	11 sept. 1799.	21°,4	20°,8
	14	20°,7	20°,0
	18	21°,8	21°,3
Après le *maximum.*	18 août.	20°,4	21°,0
	20	21°,2	21°,8
	27	20°,4	20°,7
Avant le *maximum.*	17 août.	20°,7	20°,0
Après le *maximum.*	17 août.	18°,6	18°,9
Effet total. . .	17 août.	19°,6	19°,5

(33) [page 247]. Voy. Humboldt, *Prolegomena de Distributione geographica Plantarum, secundum cœli temperiem et altitudinem montium,* p. 68.

(34) [page 250]. Voy. Humboldt, *Essai sur la Géographie des Plantes,* p. 154.

(35) [page 250]. Drake, *Natural and statistical View, or picture of Cincinnati and the Miamy country*, 1815.

(36) [page 250]. Voici la comparaison des températures moyennes, déduites avec le plus grand soin, à l'est et à l'ouest des Alleghanys :

	Cincinnati. (Lat. 36°,6′, long. 86°,44′ oc.)	*Philadelphie.* (Lat. 39°,56′, long. 77°,36′ oc.)
Hiver.	+ 0°,5 cent.	+ 0°,1
Print.	12°,3	10°,8
Été...	22°,7	23°,3
Aut..	12°,7	13°,6
	12°,1	11°,9

J'ai pris, pour Philadelphie, le milieu entre les observations de Coxe et celles de Rush; j'ai aussi eu égard, pour les corrections, aux observations que Legaux a faites à Springmill, sur le Schuylkill, au nord de Philadelphie. Comme Cincinnati est élevé de 156 mètres au-dessus du niveau de l'Océan, sa température moyenne est de 0°,8 plus basse.

(37) [page 251]. Humboldt, *Essai politique sur la Nouvelle-Espagne*, t. II, 1811, p. 440, 478 et 509.

(38) [page 251]. La ressemblance entre les côtes occidentales des deux Mondes est due à l'influence des vents d'ouest et de sud-ouest. Voy. Dalton, *Meteorol. Observat.*, p. 125.

(39) [page 251]. En comparant des lieux placés de l'ouest à l'est, à peu près sur un même parallèle, on trouve :

	Température moyenne.		
Saint-Malo,	(lat. 48°,39′). 12°,5′	Vienne,	(48°,11′). 10°,3′
Amsterdam,	(lat. 52°,22′). 11°,9′	Varsovie,	(52°,14′). 9°,2′
Naples,	(lat. 40°,50′). 17°,4′	Pékin,	(39°,54′). 12°,7′
Copenhague,	(lat. 55°,41′). 7°,6′	Moskou,	(55°,45′). 4°,5′
Upsal,	(lat. 59°,51′). 5°,5′	Pétersbourg,	(59°,56′). 3°,8′

L'élévation absolue de Pékin est peu considérable; celle de

Moscou est de 300 mètres. La température absolue de Madrid, placé à l'ouest de Naples, est de 15°,0; mais la ville est élevée de 603 mètres au-dessus du niveau de la mer.

(40) [page 252]. La température moyenne de Bologne (lat. 44°,29') est de 13°,5; celle de Gênes (lat. 44°,25'), de 15°,9; celle de Marseille (lat. 43°,17'), de 14°,9; celle de Rome (lat. 41°,53'), de 15°,8.

(41) [page 254]. La température moyenne de Chandernagor, selon Cotte, est de 33°,3.

(42) [page 254]. La température moyenne de Pondichéry est, selon Cotte, de 29°,6; selon Kirwan, de 31°.

(43) [page 260]. Humboldt, *Essai polit. sur la Nouvelle-Espagne*, t. IV, p. 528.

(44) [page 261]. Léopold de Buch, *Voyage en Norvége et en Laponie*, t. II, p. 411-420.

(45) [page 264]. Drake, *Natural and statistical View of Cincinnati*, 1815, p. 63.

(46) [page 268]. Dans toute la Hollande, la température moyenne pendant 90 jours d'hiver est de 2°,6 à 3°,7. A Milan, à Padoue et à Vérone, cette même saison ne dépasse pas 1°,5 à 2°,6. Les observations thermométriques, faites en Belgique et en Hollande, offrent d'ailleurs un exemple bien remarquable de l'égale quantité de chaleur répandue, dans l'espace d'une année, sur une vaste étendue de terrain. Les températures moyennes varient peu sensiblement depuis le parallèle de Paris jusqu'à celui de Franecker, sur une étendue de 3° 1/2 de latitude, qui, dans l'intérieur des terres, produirait une différence de 1°,8 dans la chaleur annuelle. Le canal de la Manche s'élargit à mesure qu'il se prolonge vers le nord. Les vents d'ouest y soufflent sur une plus grande partie de l'Océan, et pendant un hiver long et éminemment pluvieux, sous un ciel presque toujours couvert,

la terre se refroidit moins par le rayonnement que plus à l'est dans l'intérieur des terres, où l'atmosphère est pure et sèche.

	Moyenne annuelle.	Moyenne hivernale.	Moyenne estivale.
Franecker, lat. 52°,36′	11°,0	2°,6	19°,6
Amsterdam, lat. 52°,22′.	11°,9	2°,7	18°,8
La Haye, lat. 52°,3′.	11°,0	3°,5	18°,6
Rotterdam, lat. 51°,54′	10°,6	2°,7	18°,3
Middlebourg, lat. 51°,30′. . . .	9°,7	2°,3	17°,8
Dunkerque, lat. 51°,2′.	10°,3	3°,6	17°,8
Bruxelles, lat. 50°,50′.	11°,1	2°,6	19°,0
Arras, lat. 50°,17′.	10°,2	2°,1	17°,4
Cambrai, lat. 50°,10′.	11°,1	3°,9	19°,2

La moyenne de la durée des observations pour chaque localité a été de 8 à 9 ans, et les 9 températures moyennes ont été obtenues à l'aide de 52000 observations partielles. La Lombardie offre l'exemple d'une semblable harmonie dans les résultats : Milan, température moyenne 13°,2; Padoue, 13°,5; Vérone, 13°,2; Bologne, 13°,5; Venise, 13°,6.

(47) [page 270]. Wahlenberg, *Flora Carpathorum*, p. 90.

(48) [page 270]. *Transactions of the Irish Academy*, t. VIII, p. 116, 203, 269.

(49) [page 274]. *Annales du Muséum*, t. XI, p. 219.

(50) [page 274]. Knight, dans les *Transactions of the Horticultural Society of London*, t. I, p. 32. En 1774, un Agave a fleuri à Salcombe, après avoir passé 28 hivers sans être abrité. Sur cette même côte, les hivers sont si doux qu'on y voit des orangers en espalier, qui ne sont abrités, comme à Rome, que par le moyen des estères.

(51) [page 275]. Bonnemaison, *Géographie botanique du département du Finistère*, dans le *Journal de Botanique*, t. III, p. 118.

(52) [page 275]. Arthur Young, *Voyage en France*, t. II, p. 91.

(53) [page 275]. La ligne qui limite la culture de la vigne se dirige de l'embouchure de la Loire et de la Vilaine, par Pontoise, au confluent du Rhin et de la Moselle. La ligne des oliviers commence à l'ouest de Narbonne, passe entre Orange et Montélimart, et se prolonge au nord-est dans la direction du Grand-Saint-Bernard.

(54) [page 275]. Voy. De Candolle, *Flore française* (3e édit.), t. II, pl. 8 et 11; Lequinio, *Voyage dans le Jura*, t. II, p. 85-91.

(55) [page 280]. Arthur Young, *Voyage en France*, t. II, p. 195.

(56) [page 281]. En calculant en Europe, de 46° à 48° de latitude, les températures moyennes par groupes de 10 jours, on trouve que les décades qui se succèdent ne diffèrent, près des sommets de la courbe annuelle, que de 0°,8, tandis que les différences s'élèvent, en automne, de 2° à 3°; au printemps, de 3° à 4°.

(57) [page 281]. Bouguer, *Figure de la Terre*, pl. 53.

(58) [page 285]. Cotte, *Traité de Météorologie*, p. 448; Wahlenberg, *Flora Lapponica*, pl. 51.

(59) [page 285]. Playfair, dans les *Transactions of the royal Society of Edinburgh*, t. V, p. 202; Wahlenberg, dans Gilbert's *Annalen der Physik*, t. XLI, p. 282.

(60) [p. 288]. Kirwan, *An estimate of the Temperature of different latitudes*, p. 166.

(61) [page 292]. *Annales de Chimie et de Physique*, t. III, p. 441.

(62) [page 294]. Voy. Buffon, *Théorie de la Terre*, t. I, p. 312;

— Mairan, dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1765, p. 174.

(63) [page 294]. Æpinus, *De Distributione caloris*, 1761.

(64) [page 294]. Voy. Kirwan, *An estimate of Temperature*, p. 60; *Transactions of the Irish Academy*, t. VIII, p. 423; Le Gentil, *Voyage dans les mers de l'Inde*, t. I, p. 73.

(65) [page 294]. Voy. Mairan, dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1765, p. 166; Lambert, *Pyrométrie*, p. 310.

(66) [page 295]. Prévost, *Du Calorique rayonnant*, 1809, p. 329-367, §§ 280-306.

(67) [page 295]. Les terres dans les deux hémisphères boréal et austral sont dans le rapport de 3 : 1.

(68) [page 296]. Les terres placées entre les tropiques sont, dans les deux hémisphères, comme 5 : 4; celles qui sont placées hors des tropiques, comme 13 : 1.

(69) [page 296]. Prévost, *Du Calorique rayonnant*, p. 343.

(70) [page 296]. *Memorias de Mathematica e Physica da Academia das Sciencias de Lisboa*, t. II, 1779, p. 348 et 369.

(71) [page 298]. La température moyenne de Natchez (lat. 31°,28') est de 18°,2; celle de Cincinnati (lat. 39°,6') de 12°,1.

(72) [page 298]. La tempér. moyenne du Caire (lat. 30°,2') est de 22°,4; celle de Funchal (lat. 32°,37') de 20°,3; celle d'Alger (lat. 36°,48') de 21°,1.

(73) [page 298]. A la terre Van-Diémen, le thermomètre descend, en février, le matin, jusqu'à 7°,5. La moyenne, à midi, est de 16°. A Paris, elle est, en août, de 23°. A la terre Van-Diémen, en février, la moyenne des maxima est de 26°, celle des minima de 12°,5. A Rome, ces moyennes sont 30° et 18°. Voy. Dentrecasteaux, *Voyage*, t. I, p. 265 et 542.

(74) [page 299]. Humboldt, *De Distributione geogr. Plantarum*, p. 79-86.

(75) [page 299]. On est d'autant plus surpris de trouver de la neige dans l'île de la Géorgie, sur le rivage de l'Océan, que 2°,39′ plus près de l'équateur, aux îles Malouines, la température moyenne des étés est encore 11°,7, c'est-à-dire de 5° plus grande qu'au point où, dans notre hémisphère, par 71°, la limite des neiges perpétuelles se maintient à 700 mètres d'élévation absolue. Mais il faut se rappeler : 1° que les îles Malouines sont rapprochées d'un continent qui s'échauffe en été ; 2° que la Géorgie est hérissée de montagnes, et qu'elle est placée à la fois dans une mer libre du côté du nord, et sous l'influence des glaces éternelles de la terre Sandwich ; 3° que, en Laponie, 2° de latitude produisent, dans certaines circonstances locales, 6° de différence dans les températures des étés.

(76) [page 300]. Voy. Léop. de Buch, *Voyage en Norvége et en Laponie*, t. II, p. 393-420.

(77) [page 300]. Voy. Prévost, dans le *Journal de Physique*, t. XXXVIII, p. 369, et *Transact. of the Irish Academy*, t. VIII, p. 374.

(78) [page 301]. Voy. Humboldt, *Relation historique*, t. I, p. 225 et 237.

(79) [page 301]. Humboldt, *Ibid.*, p. 67, 230 et 242.

(80) [page 303]. Gilbert, dans les *Annalen der Physik*, t. XLI, 1812, p. 129.

(81) [page 304]. Leslie, *On Heat and Moisture*, 1813, p. 11, et *Elements of Geometry*, 1811, p. 495.

(82) [page 305]. Leslie, *ibid.*

(83) [page 305]. Humboldt, *Sur les réfractions au-dessous de 10°*, dans les *Observations astronomiques*, t. I, p. 126.

(84) [page 305]. Wells, *On Dew*, p. 50.

(85) [page 308]. Je me suis servi des températures moyennes et des mesures barométriques publiées à Santa Fé de Bogota, par Caldas et Restrepo, dans le *Semanario del Nuevo Reyno de Granada*, t. I, p. 273; t. II, p. 93-341.

(86) [page 313]. Des hauteurs de 400 mètres paraissent influer d'une manière sensible sur la température moyenne, lors même que de grandes portions de pays s'élèvent progressivement. Pour constater cette influence, j'ai examiné la température des lieux placés presque au niveau de l'Océan, sous les mêmes parallèles.

Bude. . . . lat. 47°,29′; haut. 156 mètr.; temp. ann. 10°,6.
Paris. . . . lat. 48°,50′; haut. 34 mètr.; temp. ann. 10°,6.
Vienne. . . lat. 48°,12′; haut. 171 mètr.; temp. ann. 10°,3.
Manheim. . lat. 49°,20′; haut. 117 mètr.; temp. ann. 10°,1.

Donc, presque au niveau de la mer, par les longitudes de Paris et de Bude, entre 47° et 48° de latitude, la température est de 10°,3 à 10°,6. Par ces mêmes longitudes on trouve :

Genève (359 mètres).	9°,6.
Berne (535 mètres).	9°,6.
Zurich (438 mètres).	8°,8.
Coire (607 mètres), malgré les vents d'Italie.	9°,4.
Marschlinz (559 mètres), échauffé par les mêmes vents.	11°,1.
Munich (522 mètres).	10°,4.

On ne saurait méconnaître, en prenant les moyennes de ces résultats, l'influence des *petites hauteurs* ou des *plateaux très-étendus* sur l'abaissement de la température moyenne.

(87) [page 314]. Voy. Humboldt, *Observations astronomiques*, t. I, p. 186.

(88) [page 317]. Les chiffres indiqués dans le texte sont le résultat moyen ou la mesure de la distribution de la chaleur dans toute la colonne d'air. Les résultats partiels sont, sur le dos des Andes, 1° de refroidissement, pour 170 mètres, entre 0 et 1000 mètres de hauteur; pour 294 mètres, entre 1000 et 2000 mètres; pour 232 mètres, entre 2000 et 3000 mètres; pour 134 mètres, entre 3000 et 4000 mètres de hauteur; pour 180 mètres, entre 4000 et 5000 mètres. On reconnaît dans ces nombres, comme dans le tableau ci-dessus, l'influence de la région des nuages sur le décroissement de la chaleur. Afin de prouver l'utilité de ces rapports numériques, je donnerai ici le calcul approximatif de la hauteur du plateau Tibétain, déduit de la température moyenne du seul mois d'octobre, qui est, d'après Turner, de 5°,7. Comme, sous le parallèle de Tissoolumbo (lat. 29°), la température moyenne des plaines est de 21°, et qu'au mont Saint-Gothard, la température moyenne du mois d'octobre est même un peu au-dessus de celle de l'année entière, il est probable que le plateau du grand Tibet excède 2900 à 3000 mètres. Voyez mon Mémoire sur l'élévation des montagnes de l'Inde, dans les *Annales de Chimie et de Physique*, t. III, 1816, p. 297-317.

(89) [page 317]. Saussure indique comme correspondant à un décroissement d'un degré, pour l'été, 160 mètres; pour l'hiver, 230 mètres; pour l'année entière, 195 mètres. Ramond donne 164 mètres, d'Aubuisson, 173 mètres. Voy. *Journal de Physique*, t. LXXI, p. 87; *De la formule barométrique*, p. 189, et Humboldt, *Recueil d'Observations astronomiques*, t. I, p. 129.

(90) [page 218]. La température variant très-peu pendant l'année entière sous la zone équinoxiale, on peut se former une idée assez précise des climats des Cordillères, en les comparant à la température de certains mois en France ou en Italie. On trouve dans les plaines de l'Orénoque le mois d'août de Rome; à Popayan (haut. 911 toises), le mois d'août de Paris; à Quito

(1492 toises), le mois de mai; dans les Paramos (1800 toises), le mois de mars.

(91) [page 320]. Voy. Humboldt, *Proleg. de Distrib. Plantarum*, p. 151-163. Les petites différences entre les nombres rapportés dans les *Prolegomena* et dans ce Mémoire, qui a été rédigé postérieurement, doivent être attribuées au désir constant que j'ai de perfectionner les résultats moyens.

(92) [page 321]. Voy. Léopold de Buch, dans la *Bibliothèque britannique, Sciences et Arts*, t. XIX, p. 263; Saussure, *Voyage dans les Alpes*, § 1418; Wahlenberg, *De Vegetat. Helvet.*, pl. 77-84; Gilbert's *Annalen*, t. XLI, 1812, p. 150, 160, 277; Lambert, *Pyrometrie*, p. 296. Le docteur Roebuck paraît avoir eu, en 1775, les premières notions exactes sur la température des sources et sur ses rapports avec la température moyenne de l'air. Voy. *Philosoph. Transact.*, t. LXV, p. 461.

(93) [page 325]. Voy. *Philosoph. Transact. for* 1778, p. 372.

(94) [page 379]. L'absorption dont nous entendons parler ici est indépendante de celle de l'oxygène par le sulfure qui se convertit ainsi en sulfate. Mais comme le sulfure absorbe l'oxygène que l'eau tient en dissolution, il arrivera très-probablement que l'eau pourra absorber une plus grande quantité d'azote; en sorte qu'en se servant d'une dissolution faite à froid, mais très-récente, il y aurait encore une plus grande diminution de volume que celle qui est due à l'absorption de l'oxygène. Nous disons très-probablement, car nous n'avons pas encore fait d'expérience à ce sujet.

(95) [page 384]. Les absorptions 68, 55, 24 et 14 ne sont peut-être pas exactes à 2 ou 3 centièmes, parce que nos instruments étant trop petits pour les proportions correspondantes, nous avons été obligés de mesurer plusieurs fois; mais cela ne fait rien pour le phénomène en général.

(96) [page 434]. Aristotelis *Problemata*, sect. XI, quæst. 5 et 33.

(97) [page 434]. Plutarchi *Convivales quæstiones*, l. VII, quæst. 3, *cur nox sonos faciliùs reddat quam dies.* Voy. plus bas, note 1.

(98) [page 436]. Voy. Poisson, dans le *Journal de l'École polytechnique*, t. VII, 1808, p. 328.

(99) [page 438]. Voy. Poisson, dans les *Annales de Chimie et de Physique*, t. VII, p. 293.

(100) [page 440]. Humboldt, *Relation historique du voyage aux régions équinoxiales*, t. I, p. 164 et 625 ; t. II, p. 201, 283 303 et 376.

(1) [page 442]. Voici les expressions mêmes d'Aristote (*Problemata*, XI, 33, p. 903, ed. Bekker) : ... τῆς δὲ νυκτὸς ἡσυχίαν ἔχειν, ἅτε ἐκλελοιποτός τοῦ θερμοῦ. — Une personne très-versée dans la connaissance de l'antiquité, M. Laurentie, a communiqué à M. Biot un passage de Plutarque (*Quæst. convival.*, VIII, 3), qui vient à l'appui de celui que j'ai trouvé dans Aristote. Je le résumerai d'après la version naïve d'Amyot : « Quant à moy, dit Ammonius, l'un des interlocuteurs, il m'est aduis que la prouidence diuine a bien sagement ordonné la clarté viue à l'ouïe, lorsque la veuë ne pouuoit rien du tout ou bien peu seruir : car l'air de la nuit solitaire, comme dit Empédocle, qui est tenebreux et obscur, autant qu'il oste aux yeulx de pressentiment, autant en rend il aux oreilles... » Boethus prétend que le froid de la nuit fige et condense l'air et que l'on entend mal le son pendant le jour parce qu'il y a moins de vides. « Ce qui est se meut en ce qui n'est pas, car il y a beaucoup de vuyde semé et meslé par entre les Atosmes et menus corps indiuisibles de l'air. Quand doncques il est bien espandu en laxité spacieuse à discourir çà et là pour la rarité, il y a beaucoup de petits et menus vuydes parmi ces menues parcelles qui occupent toute la place : mais au contraire quand ils sont reserrez, et qu'il se fait une com-

pression et estrainte d'iceulx en peu de places, ces petits corpuscules s'entassans par force les uns sur les autres laissent une large place et grande espace à vaguer au dehors. Cela se fait la nuict par le moien de la froideur, parce que la chaleur lasche, disgrege et dissoult les espessissements : et la voix venant à donner dedans ces plusieurs petits corps la, ainsi semez et drus, ou elle s'assourdit de tout point, ou elle se disgrege, ou trouve de grandes resistences et empeschements qui l'arrestent. Mais en un espace vuyde où il n'y a point de corps, aiant un cours libre, plein, continué et non entre-rompu, elle paruient tant plus tost à l'ouïe, retenant et gardant encore à la parole la clarté toute expresse, articulee et distincte. Car tu vois mesmement que les vaisseaux vuydes, quand on les frappe, répondent mieulx aux coups, et rendent le retentissement jusques bien loing, et bien souvent sortant à l'enuiron, s'estend et se dilate beaucoup, là où un vaisseau qui sera plein ou d'un corps solide, ou bien de quelque liqueur, il est du tout sourd et ne rend son quelconque, n'aiant pas la voix place ne voye par où passer... » Plutarque rejette les vides de Boethus : « Quant au vuyde, il n'est pas bien supposé pour l'aisance du passage et du mouvement de la voix. Car cette qualité de ne pouuoir estre touché ny frappé est plus tost propre au silence et à la taciturnité. » Il admet, avec Anaxagore, que le jour « le Soleil remue l'air d'un mouuement tremblant et plein de battement, comme il appert par ces petites limeures et petits loppins de poulsière qui volettent par les trous où passent la lumière du soleil : lesquels sifflants et murmurants le jour, rendent, par le bruit qu'elles font, les voix plus malaisees à ouïr le jour, mais que la nuict leur branlement cesse et, par conséquent, leur son aussi. » Ammonius s'excuse de réfuter Démocrite et de corriger Anaxagore : « Mais toutefois, si fault il oster à ces petits corps d'Anaxagoras le sifflement; car il n'est ny vraysemblable, ny nécessaire, et suffit d'admettre le branlement et le mouvement d'iceulx dansans en la lumière du Soleil qui disgregent et jettent çà et là la voix. Car l'air estant le corps et la

substance propre de la voix, s'il est rassis, donne voye toute droicte, unie et continuee aux petites parcelles et aux mouvements de la voix de tout loing. Car le calme et la bonace tranquille est résonnante, et au contraire, la tourmente est sourde. Car bien souvent l'agitation de l'air ne permet pas que la forme de la voix bien expresse et articulee arriue jusques au sentiment, mais toujours en oste et emporte elle quelque chose de la force et de la grandeur (ἀεὶ μέν τοι τοῦ πλήθους φέρει καὶ τοῦ μεγέθους). Or la nuict, quant à elle, n'a rien qui remue et agite l'air, et le jour une grande cause à sçavoir le Soleil. Adonc Thrasyllus, fils d'Ammonius, prenant la parole : Hé Dea, dit-il, pourquoy, je vous prie au nom de Jupiter, allons nous attribuans cette cause à un invisible mouvement de l'air, et laissons là son agitation et laceration toute éuidente et manifeste à noz yeux? Car ce grand gouuerneur et capitaine du ciel, le Soleil, ne remue pas imperceptiblement ny peu à peu jusques aux moindres parcelles de l'air, ains tout aussi tost qu'il ce monstre excite et remue toutes choses. » (*Les œuvres morales de Plutarque*, translatées du grec en françois par messire J. Amyot, édit. de Vascosan, 1572, in-fol., p. 423 et 424).

(2) [page 443]. Voy. Humboldt, *Recueil d'Observ. astronom.*, t. I, p. 127.

(3) [page 443]. Deluc, *Modificat. de l'atmosphère*, § 1031, rem. *b*.

(4) [page 444]. Les singes vivant en société qui font le plus de vacarme durant la nuit, dans les forêts tropicales de l'Amérique du Sud, appartiennent à la famille des Stentors; ce sont : l'Araguato de Caracas ou *Simia ursina* (Humboldt, *Recueil d'Observations de Zoologie et d'Anatomie comparée*, t. I, p. 329), l'Araguato du Rio Magdalena ou *Simia seniculus* (*ibid.*, p. 354), et le Choro ou Araguato, qui habite les bords du fleuve des Amazones, dans la province Jaen de Bracamoros, *Simia flavicauda* (*ibid.*, p. 343).

(5) [page 444]. Dans les *Annalen* de Poggendorf, t. LXXXII, 1851, p. 303.

(6) [page 446]. La distance de 37 milles est calculée d'après la rectification que j'ai apportée à la longitude de Quito (81° 5′ 30″) et la différence de longitude, qui existe exactement entre Quito et Guayaquil (1° 12′ 32″). Voy. mon *Recueil d'observations astronomiques*, t. II, p. 353, n° 437.

(7) [page 446]. Les systèmes d'ondes sonores mises en mouvement simultanément agissent par réflexion et par interférence, comme l'ont ingénieusement démontré Weber et Savart. Voy. les *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. VII, 1838, p. 1068.

(8) [pape 447]. Voy. De la Roche, *Sur l'influence que le vent exerce sur la propagation du son, sous le rapport de son intensité*, dans les *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. I, 1816, p. 178, 183, 189, 192 et 193. Les premières expériences faites par des Florentins avec des coups de canon qui, tirés à Livourne, furent entendus à Porto-Ferrajo dans l'île d'Elbe, à une distance de 15 milles géographiques, ont donné pour résultat que le son était plus intense par un air parfaitement calme que par un air agité, alors même que le vent soufflait dans la direction de Livourne à l'île d'Elbe.

(9) [page 448]. Voy. Arago, *Résultats des expériences faites par ordre du Bureau des Longitudes sur la détermination de la vitesse du Son dans l'atmosphère*, dans la *Connaissance des temps* pour l'an 1825, p. 361-371. Nous nous sommes servis pour la première fois, dans les expériences faites sur la colline de Montlhéry, du pointeur de Bréguet dans lequel l'imperfection de l'arrêt ordinaire est détruite par cette circonstance que le levier qui marque le point est complétement indépendant du mouvement de l'horloge, et n'a par conséquent aucune influence sur la marche de l'aiguille à secondes.

(10) [page 449]. *Philosophical Transactions* for 1824, 1re part., p. 456.

(11) [page 449]. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. XIX, 1844, p. 1171 et 1174.

(12) [page 450]. Humboldt, *Relation historique*, t. I, p. 616.

(13) [page 450]. Martins, *Sur l'intensité du son dans l'air raréfié des hautes montagnes*, dans l'*Annuaire météorologique de la France pour* 1850, p. 211-225.

(14) [page 451]. Voy. *Philosophical Transactions*, t. XXIV, 1705, p. 1902, et *De Bononiensi Scientiarum et Artium Instituto atque Academia Commentarii*, t. I, 1731, p. 179.

(15) [page 453]. Laplace et Arago, dans la *Connaissance des temps* pour 1825, p. 370-372.

(16) [page 453]. Les premières expériences sur le son des cloches eurent lieu au collége de Gresham et dans un champ voisin d'Islington. Voy. *Philosophical Transactions*, t. XXIV, 1705, no 297, p. 1902.

(17) [page 455]. « En analysant les observations, on reconnaît qu'il y a dans les hautes montagnes des causes qui favorisent l'audition du son; elles compensent et au delà la raréfaction de l'air. Des causes locales, telles que la configuration et la nature du sol, l'état hygrométrique de l'air, l'absence ou la présence des courants aériens, peuvent agir; mais toutes ces causes me paraissent secondaires à côté du profond silence qui règne dans ces hautes régions. On y entend des sons à une grande distance, quoique leur intensité soit beaucoup moindre que dans la plaine. » (Bravais, dans l'*Annuaire météorologique de la France pour* 1850, p. 225.) Le calme de la nature ne peut cependant être la cause qui produit l'accroissement nocturne de l'intensité du son dans les forêts tropicales. Voy. à ce sujet,

dans le tome premier des *Tableaux de la Nature*, mon essai sur *La vie nocturne des animaux dans les forêts du Nouveau-Monde.*

(18) [page 456]. *Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1745 (Paris, 1749), p. 488.

(19) [page 456]. La Condamine, *Voyage à l'équateur* (introduction historique), p. 98. Les expériences que firent à Pambamarca Godin et don Jorge Juan n'eurent aucun succès. On ne put entendre les coups de canon à une distance de 19000 toises (37030 mètres), non pas assurément à cause de l'éloignement, mais à cause de la réflexion du son et des dispositions particulières de cette région montagneuse.

(20) [page 456]. Cassini, dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1738 (Paris, 1740), p. 141.

(21) [page 457]. *Appendix to Capt. Parry's second voyage for the Discovery of the North-West Passage*, 1821-1823, p. 239. Les expériences furent faites en 1823 sur la côte d'Igloolik, à l'ouest de la péninsule de Melville et dans l'île Winter, située au sud-est de la même péninsule, dans le canal de Fox.

(22) [page 458]. Parry, *Journal of a third Voyage for the Discovery of a North-West Passage from the Atlantic to the Pacific*, performed in the years 1824 and 1825 in H. M. ships Hecla and Fury, p. 58 et Appendix, p. 86.

(23) [page 458]. John Franklin's *Expedition to the shores of the Polar Sea, in* 1825-1827, app. IV, p. 413.

(24) [page 459]. Laplace, *Mécanique céleste*, t. V, liv. XI, ch. 1, p. 16.

(25) [page 460]. L'évaluation du renflement équatorial donné par Laplace est trop faible. Si, d'après le dernier travail fait par Bessel en 1851, on admet pour l'aplatissement des pôles la fraction $\frac{1}{299,152}$ le renflement de l'équateur = 3272077 t.

— 3261139 t. = 10938 t. ou 21318 mètr.; ce qui fait environ 2 4/5 milles géographiques ou plus exactement 2,873. Ce n'est pas tout à fait trois fois l'altitude de la plus haute montagne terrestre, du Kintchindjinga, qui appartient à la chaîne de l'Himalaya, et a, d'après les mesures du colonel Waugh, 4406 toises ou 8587 mètres de hauteur. Si l'on veut comparer le renflement équatorial avec la partie orientale du plateau thibétain qui avoisine les lacs sacrés de Rakas-Tal et de Manassarovar, et à laquelle les mesures récentes du lieutenant Henri Strachey attribuent une hauteur moyenne de 2400 toises, on trouve que le renflement de l'équateur est cinq fois plus considérable que la hauteur de ce plateau, presque complétement rempli de chaînes de montagnes.

(26) [page 462]. Par lieue marine carrée, dans cet ouvrage, comme dans tous mes ouvrages écrits en français, j'entends le carré d'une lieue marine française de 15 au degré, et comme chaque degré contient 15 milles géographiques, il en résulte que 1 lieue marine carrée = 0,5649 mille géographique carré, et que 1 mille géographique carré = 1,77 lieue marine carrée.

(27) [page 462]. Bien que situé plus à l'est, Iakoutsk n'est qu'à 45 toises au-dessus du niveau de la mer; Talbuijachtatsk n'est qu'à 32 (Voy. Adolphe Erman, *Physische und astronom. Beobachtungen*, t. I, p. 414).

(28) [page 462]. J'ai comparé ailleurs (*Relation historique*, etc., t. III, p. 164) les surfaces des grandes divisions politiques; j'indique ici les nombres les plus importants, en prenant pour unité la lieue marine carrée : la France, avec la Corse, est représentée par 17100, l'Allemagne par 21300, la Russie d'Asie par 465000 (la surface de l'empire russe est un peu plus grande que celle de la partie de la lune visible à la terre). L'Europe jusqu'à l'Oural est représentée par 304000. Les États-Unis ont une superficie, entre les Alleghanys et le Mississipi, de 50600; entre le Mississipi et les Rocky-Mountains, de 72500 lieues. Ces

nombres sont assez exacts pour donner une idée juste des proportions.

(29) [page 464]. Voy. Humboldt, *Relation historique*, etc., t. II, p. 76, et *Tableaux de la Nature*, t. I, p. 63, de la traduct. franç. La surface du Lake Superior est à 580 pieds au-dessus du niveau de la mer, bien que son lit soit à 162 pieds au-dessous.

(30) [page 469]. Pour justifier cette supposition, je cite les hauteurs suivantes, prises dans les plaines centrales de la France : hauteur de Bourges, 157 mètres; de Chartres, 158^{m}; de Nevers, 178^{m}; de Blois, 102^{m}; de Châlons-sur-Marne, 78^{m}; de Châlons-sur-Saône, 173^{m}; de Mâcon, 170^{m}; de Poitiers, 118^{m}; de Nancy, 196^{m}; de Lunéville, 228^{m}; de Verdun, 203^{m}; de Metz, 160^{m}; de Privas, 322^{m}; de Mézières, 146^{m}; du plateau qui entoure Metz, 200^{m}; de Toul, 204^{m}; d'Auxerre, 95^{m}; de Troyes, 101^{m}; de Strasbourg, 144^{m}; de Bâle, 254^{m}; de Lyon (hauteur des eaux moyennes du Rhône, près du pont de a Guillotière), 162^{m}; de Dijon, 245^{m}; de Cahors, 160^{m}. La plupart de ces indications hypsométriques reposent sur des mesures géodésiques et non sur des déterminations barométriques moyennes.

(31) [page 470]. Voy. aussi les savantes additions que Vogt a faites aux leçons professées à l'École des Mines par Élie de Beaumont, 1846, t. I, p. 69-73, et Élie de Beaumont, *Notices sur les Systèmes des Montagnes*, t. III, p. 1338.

(32) [page 470]. En abaissant jusqu'à 800 toises ou 1560 mètres la crête moyenne des Alpes, nous ne faisons que suivre le rapport proposé par Élie de Beaumont pour la crête des Pyrénées. A l'époque où je faisais ces calculs, en 1843, j'évaluai la hauteur moyenne de la crête des Alpes, mesurée d'après les hauteurs de dix passages, à 1178 toises ou 2296 mètres. Voy. mon Mémoire *sur le rapport des points culminants ou maxima des lignes de faîte des Pyrénées, des Alpes, des Andes*

et de l'Himalaya à la hauteur moyenne de leurs crêtes, inséré dans les *Annales des Sciences naturelles*, rédigées par Audoin et Ad. Brongniart, t. IV, 1825, p. 236, 240 et 253. Actuellement, les hauteurs de 47 passages donnent pour moyenne 1162 toises ou 2265 mètres, d'où l'on peut déduire, pour la hauteur moyenne de la crête des Alpes, 1200 toises ou 2340 mètres au moins.

(33) [page 471]. Pour l'hypsométrie des montagnes du Harz, voy. dans l'ouvrage de Lachmann, *Nivellement des Harz-Gebirges*, 1851, les coupes longitudinales et transversales calculées d'après 413 déterminations de hauteur, sur un espace de 42 milles géographiques tout au plus. Voy. aussi du même auteur *Geognosie des Herzogthums Braunschweig und des Harz-Gebirges*, 1852.

(34) [page 473]. *Massen-Erhebungen des deutschen Bodens von der Donau bis zur Ostsee, von den Maas bis zur Weichsel, in den Alpen und im Jura*, zusammengestellt vom Ingen. Lieut. Wolff, 1846.

(35) [page 474]. Les 450 carrés, tracés par le lieutenant Wolff sur ses cartes, dépassent en quelques points les limites proprement dites de l'Allemagne.

(36) [page 474]. Si l'on joint par une ligne droite un point de la côte avec un point de la hauteur, on trace ainsi un triangle rectangle, dont il n'y a qu'à prendre la demi-hauteur pour obtenir un rectangle de même base et par conséquent de même surface. Si donc on construit, pour tous les points dont on veut mesurer la hauteur, des profils triangulaires, et qu'on les transforme en rectangles équivalents, on arrivera à la formule indiquée dans le texte, d'après laquelle f représente la somme de tous les profils ou des surfaces, dans les prismes triangulaires, et où les hauteurs déterminées par h doivent être considérées comme formant la crête des montagnes.

(37) [page 477]. Voy. De Verneuil et Collomb, *Coup d'œil*

sur la constitution géologique de l'Espagne, 1853, planche des coupes hypsométriques, et p. 6, 10 et 30.

(38) [page 478]. La hauteur de Madrid, d'après Antillon, est de 674 mètres ou 2074 pieds; elle est d'après Don Manuel Rico y Sinobias (*Memoria sobre la Meteorologia de Murcia y Almeria*, 1852, p. 173) de 656 mètres ou 2019 pieds. Dove, à la suite de six années d'observations, donne 1940 pieds ou 630 mètres seulement. Je n'ai trouvé moi-même en 1799 que 1854 pieds ou 602 mètres. J'ajoute ici les hauteurs des montagnes situées au Nord de Madrid d'après Subercale, membre de la *Real Comision orografica* : Peñalara a 2383^{m} (7334 p.), Cabezas de Hierro 2370^{m} (7294 p.), Somo Sierra 1460^{m} (4493 p.). Voy. aussi Verneuil et Colomb, p. 6 et 11.

(39) [page 478]. Berlin est à 16',4, Pinsk à 68', Moscou à 47', Parme à 58', Kasan à 9' au-dessus du niveau de la mer Baltique. Voy. l'*Asie centrale*, t. III, p. 61. Si l'on attache à cette expression trop indéterminée de basses-terres de l'Europe le sens moins vague de surfaces continues et élevées de 600 à 700 pieds au-dessus de la mer, les hautes-terres en Europe sont aux basses-terres environ dans le rapport de 4 à 13, c'est-à-dire que les unes occupent à peu près une surface de 40000 milles géographiques carrés, tandis que la surface des autres est d'environ 130000. Quant à ces vastes plaines, absolument horizontales, qui ne sont point interrompues par des collines, et dont rien ne borne l'horizon, telles que les Llanos et les Pampas de l'Amérique méridionale, la Hongrie est la seule contrée de l'Europe où j'en aie rencontrées. On ne leur peut comparer les bruyères ou Ericeta qui bordent les côtes de la mer Baltique, ni même en général les steppes sibériennes que j'ai visitées entre l'Irtyche et l'Obi ou sur les bords de l'Ichim, de l'Oural ou Jaik et de la mer Caspienne, et qui sont ondulées et entrecoupées de collines. Ce qui m'a paru ressembler le plus aux Llanos de Venezuela, c'est une partie de la steppe appartenant à la grande horde des Khir-

ghiz, et située au sud d'Oustkamenogorsk et de Semipalatinsk.

(40) [page 479]. Entre le plateau de Bogota et la chaîne neigeuse de Tolima j'ai trouvé que les vallées de Fusagasuga et de Quelamana ne dépassaient pas, non plus que le Paso de la Guayacana, 1128 à 1506 pieds (366-489 mètres) au-dessus du niveau de la mer. Le sol de ces vallées est par conséquent moins élevé que le pavé de Genève et de Munich. En revanche, les plateaux adossés à la croupe des montagnes augmentent le volume et la masse des Andes. C'est l'effet que produisent la Llanura de Caxamarca (hauteur, 2853 mètres) ou le plateau de Bogota (2660 mètres), ainsi que celui de Guachucal (3145 mètres), dans le défilé de Los-Pastos, et l'espace compris entre deux chaînes, comme la haute plaine qui entoure le lac de Titicaca (3915 mètres).

(41) [page 480]. Voy. l'*Atlas géographique du Nouveau Continent*, pl. V.

(42) [page 481]. Si l'on embrasse d'un coup d'œil les systèmes de montagnes secondaires, situés dans les deux Amériques, à l'est de la chaîne des Andes, on est frappé de voir un si remarquable accord entre les relations hypsométriques.

Brésil.	Itacolumi, 5400 pieds = 1754 mètres.	(20° 1/2 latit. australe.)
Sierra Parime. . .	Duida, 7860 pieds = 2553 mètres.	(3° 1/4 latit. boréale.)
Chaîne côtière de Venezuela. , .	Silla de Caracas, 8100 pieds = 2630 mètres.	(10° 1/2 latit. boréale.)
Antilles. . . .	Montagnes bleues (Jamaïque) 6828 pieds = 2218 mètres.	(18° 1/5 latit. boréale.)
Alleghanys. . .	Mont Washington, 5848 pieds = 1900 mèt.	(44° 1/4 latit. boréale.)

On voit que tous les points culminants sont compris entre 1750 et 2600 mètres de hauteur. Aucun sommet de montagne, à l'est des Cordillères, depuis le Chili jusqu'au Mexique, non plus qu'à l'est des Rocky-Mountains, n'atteint la limite des neiges éternelles; et même, à l'exception des Alleghanys, il ne tombe de neige sporadique dans aucun cas de ces groupes orientaux. Toutes les hautes montagnes comprises entre 9000 et 22000 pieds appartiennent à la partie occidentale du nouveau continent. En Europe, où le sommet le plus élevé ne dépasse pas 14809 pieds (4810 mètres), on trouve fort loin du système des Alpes, dans l'Espagne méridionale, en Sicile, en Grèce et dans les Apennins, des montagnes qui atteignent une élévation de 9000 à 11000 pieds. Contrairement à ce qui existe dans le Nouveau Monde, on rencontre en Europe des soulèvements considérables, à une grande distance de la chaîne principale. Les cimes culminantes ne sont pas trachytiques en Europe non plus qu'en Amérique. Voy. Humboldt, *Relation historique*, t. III, p. 232.

(43) [page 482]. Voy. Humboldt, *Recueil d'Observations astronomiques* (nivellement barométrique), t. I, p. 315.

(44) [page 483]. Si, faisant abstraction de la hauteur des cimes, on descend la pente peu sensible du plateau mexicain en suivant la série des villes qui s'avancent du sud au nord, on trouve les résultats suivants :

Mexico.	7008 pieds	= 2276 mètres.
Tula.	6318	= 2052
San-Juan del Rio . .	6090	= 1978
Queretaro.	5970	= 1940
Celaya.	5646	= 1834
Salamanca.	5406	= 1756
Guanaxuato.	6414	= 2083
Silao.	5546	= 1802
Villa de Leon. . . .	5755	= 1869

Lagos.	5983 pieds	= 1963 mètres.
Aguas-Calientes. . . .	5875	= 1908
(San-Luis-de-Potosi). .	5714	= 1856
Zacatecas.	7544	= 2450
Fresnillo.	6797	= 2208
Durango.	6426	= 2087
Parros.	4678	= 1520
(Satillo).	4917	= 1597
El Bolson de Mapimi, de	3600 à 4200	= 1170-1365
Chihuahua.	4352	= 1414
(Cosiquiriachi). . . .	5886	= 1911
Paso del Norte (sur le Rio grande del Norte).	3577	= 1162
Santa Fé del Nuevo Mexico.	6612	= 2148

Dans cette longue liste, les hauteurs barométriques de Mexico à Guanaxuato ont été mesurées par moi. Les sept qui suivent l'ont été par l'Inspecteur des mines Burkard; les dernières depuis Parros jusqu'à Santa-Fé del Nuevo Mexico, par le Dr Vislizenus. Des chars à quatre roues traversent cette immense étendue de pays, qui, du nord au midi, n'a pas moins de 16 degrés de latitude ou 240 milles géographiques. Ce plateau, dont pour la première fois je fais connaître ici la configuration, est formé par les larges ondulations qui descendent de la chaîne des Andes mexicaines; il ne doit point être attribué, comme le Great Basin qui joint les Rocky Mountains et la Sierra Nevada de la Californie, comme le plateau de Titicaca compris entre la chaîne orientale et la chaîne occidentale de la république de Bolivia, ou comme celle du Thibet, qui unit l'Himalaya et le Kouen-lun, au gonflement d'une vallée entre deux chaînes de montagnes. — Voy. Humboldt, *Tableaux de la nature*, t. I, p. 334 de la traduct. franç.

(45) [page 484]. Frémont, *Report of the exploring Expedition*, p. 154 et 273. La rivière Timpanogos, c'est-à-dire, dans la

langue des peuplades voisines, la rivière des Rochers, se jette dans le petit lac Youta ou lac des Mormons, qui communique avec le great Salt-Lake.

(46) [page 485]. Charles Lyell, *Travels in north America*, t. I, p. 82 et 94. De Vermont à Alabama, on évalue la longueur de la chaîne des Alleghanys à 1000 milles anglais, la largeur variant de 50 à 150 milles. La hauteur oscille entre 2000 et 6000 pieds.

(47) [page 485]. Entre les Alleghanys et les Rocky Mountains, les plaines de la Louisiane et du Canada forment une seule et même dépression, depuis le golfe du Mexique jusqu'à l'Océan arctique D'après les mesures de Nicollet, la hauteur moyenne de cette dépression est de 4000 à 6000 pieds. Voy. Nicollet, *Report to the Senate of the United States*, 1843, p. 7 et 57. Du 47° au 48° degré de latitude, les basses terres se gonflent et forment par leurs ondulations ce que l'on appelle les *côteaux des prairies*, qui partagent les eaux entre la baie d'Hudson et le golfe du Mexique. Sur une distance itinéraire de 320 milles géographiques, l'inclinaison du Mississipi depuis Saint-Louis, un peu au sud du point où ce fleuve reçoit le Missouri, jusqu'à son embouchure, ne dépasse pas 357 pieds. Le lit du Lake Superior est situé 162 pieds au-dessous de la surface de l'Océan. La hauteur des sources du Mississipi est, d'après Nicollet, de 1575 pieds (512 mètres).

(48) [page 486]. Le Gobi, autrement appelé Scha-Mo (désert de sable), ou Scha-Ho (fleuve de sable), et Hanhai, est une ancienne mer intérieure, desséchée par l'effet des vents qui ont amoncelé les sables. Souvent, sur les cartes chinoises, sur celle, par exemple, qui est jointe au Sou-houng-kian-lou, traduit par Abel Rémusat, le Gobi est représenté en noir comme un fleuve de sable large seulement de 25 à 32 milles géographiques. Ce rétrécissement du Gobi tient peut-être uniquement à un caprice du dessinateur, qui a voulu donner au désert plus de ressemblance avec un fleuve, et en mieux

faire sentir la continuité. Entre Irkoutsck et Pékin, à l'endroit où Bunge et Fuss ont traversé le Gobi, il avait, du nord-nord-ouest au sud-sud-est, une largeur de plus de 90 milles géographiques.

(49) [page 486]. Humboldt, *Asie Centrale*, t. I, p. 125-128; t. II, p. 430-432.

(50) [page 486]. *Asie centrale*, t. I, p. 213-218. Les îles Lakedives, Maldives et Chagos, rangées parallèlement au méridien sont, comme les îles Andaman et Nicobar, des soulèvements qui répondent aux chaînes méridiennes des Ghates et de Malacca.

(51) [page 488]. *Asie centrale*, t. I, p. 8. Malgré tout ce qu'ont pu dire Klaproth et Stanislas Julien, les noms des systèmes de montagnes compris entre l'Himalaya et l'Altaï ont donné matière aux plus étranges confusions. On les a appelées Moussour, Mousart, Moustay, Siné-Schan. Or tous ces noms ne signifient rien, si ce n'est qu'il y a dans ces lieux des montagnes neigeuses. Depuis Strahlenberg jusqu'à nos jours, on n'a pu encore parvenir à faire disparaître ces niaiseries des cartes de l'Asie publiées en Allemagne, en Angleterre et en France.

(52) [page 489]. *Asie centrale*, t. II, p. 139-143.

(53) [page 490]. *Asie centrale*, t. I, p. 201-203.

(54) [page 490]. L'opinion de Klaproth que le Yarou-Dzangbo-Tschou, nommé aussi simplement Sanpou, est différent du Brahmapoutra, opinion contre laquelle s'étaient élevés Prinsep, Hodgson et Strachey, a été de nouveau reprise et vivement défendue par Gutzlaff, peu de temps avant sa mort. Voy. Hodgson, *On the physical Geography of the Himalaya*, dans le *Journal of the asiatic Society of Bengal*, t. XIX, 1849, p. 785, et comp. *Asie centrale*, t. III, p. 324.

(55) [page 492]. *Asie centrale*, t. III, p. 319-326.

(56) [page 492]. On ne devra point s'étonner de l'extrême

précision que présentent souvent ces nombres. Je ne puis nier qu'ils n'aient été obtenus à l'aide de calculs reposant sur des combinaisons très-hypothétiques; mais je me fais une règle de donner, sans y rien changer, le résultat de mes estimations.

(57) [page 492]. Voy. Hodgson, *On the physical Geography of the Himalaya*, p. 4 et 27; Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 283 et 285, et *Tableaux de la Nature*, t. I, p. 111, 115 et 341; Pentland, dans le *physical Geography* de Mary Somerville, t. II, p. 447. Voy. aussi plus haut, p. 540. La mesure du Dhawalagiri par Webb est celle qui paraît le plus approcher de la vérité. Les plus hautes cimes de la chaîne des Andes doivent être rangées dans l'ordre suivant :

Aconcagua (Chili). . . .	22433 pieds	= 7287 mètres.
Sahama (Bolivie). . . .	20971	= 7012
Parinacota (Bolivie). . .	20670	= 6714
Gualateiri (Bolivie). . . .	20605	= 6693
Pomarape (Bolivie). . .	20360	= 6613
Chimborazo (Quito). . .	20100	= 6529
Sorata (Bolivie).	19974	= 6490
Ilimani (Bolivie).	19844	= 6447

Voy. *Tableaux de la Nature*, t. I, p. 327 et 332, et comp. plus haut, p. 540-545.

(58) [page 494]. Je crois avoir rendu très-vraisemblable, dans mon *Asie centrale* (t. II, p. 54-59), cet important phénomène de la continuité des failles de soulèvement. De même que, à l'est, par delà le plateau de Gobi, la chaîne du Thianschan s'approche, par les monts Inchan, du méridien de Péking et de la mer du Sud, nous pouvons la suivre à l'ouest sous le nom de Teregtagh jusqu'à la chaîne transversale du Kosyourt et du Bolor, et sous celui d'Aktagh et d'Asferah, jusqu'au méridien de Samarcande. Les collines de Nouratagh, situées par 63° 1/2 de longitude, sont les derniers soulèvements

dirigés vers la grande dépression dont le centre est occupé par le lac Aral et la mer Caspienne. Tandis que l'axe moyen du Thian-schan est dirigé de l'est à l'ouest entre 41° et 42° de latitude, celui du Caucase est incliné du sud-est au nord-ouest, de 41° à 44°. Le grand ouvrage de Abich sur le Caucase, dont doit bientôt s'enrichir la géognosie, contient les résultats les plus importants sur ce sujet, et en général sur les diverses directions produites par la dislocation caucasienne, parmi lesquelles on reconnaît nettement celles des chaînes de l'Asie centrale, telles qu'elles sont représentées dans la carte que j'ai publiée en 1843. J'emprunte à un Mémoire manuscrit de mon ami M. Abich, sur la connexité des monts Célestes et du Caucase, les résultats suivants, qui reposent sur plusieurs années d'observations et de mesures : « Mes recherches sur les directions que présentent les lignes de dislocation à l'intérieur des chaînes de montagnes qui remplissent l'isthme compris entre la mer Caspienne et la mer Noire, m'ont démontré que toutes les directions de montagnes que présente l'Asie centrale se retrouvent ici dans les mêmes positions relatives. La prédominance marquée, dans toute cette région, du système des lignes de dislocation et de soulèvement dirigées parallèlement de l'est à l'ouest, ramène manifestement vers l'ouest, depuis le Bolor jusqu'au Caucase, l'axe moyen des vastes soulèvements de l'Asie centrale, d'où il se prolonge jusque dans le Taurus de l'Asie mineure. Des trois autres systèmes dans lesquels on ne peut non plus méconnaître la direction générale des lignes de dislocation et de soulèvement, l'un, qui court du sud-est au nord-ouest, répond au système de l'Himalaya, tel qu'il se déploie entre 71° et 80° de longitude; un autre, dirigé du sud-ouest au nord-est, répond aux chaînes Kanda, dans le royaume d'Iran; le troisième, dirigé du sud au nord, et qui ne devient distinct qu'au nord du grand mont Elbourouz, et dont l'axe forme la ligne de partage des eaux entre la mer Caspienne et la mer Noire, répond aux chaînes méridiennes de l'Oural et du Bolor. » (*Manuscrits de* 1852.)

(59) [page 494]. La position astronomique de Kaisaria est, d'après la détermination du général Wrontschenko, lat. 38° 42′ 52″, long. 35° 22′ 46″. J'emprunte la position de l'Argæus à l'excellente carte de l'Asie Mineure dressée par le général Bolotoff et jointe à l'*Asie Mineure* de Pierre de Tchihatcheff, 1853, t. I, p. 20 et 445.

(60) [page 495]. Voy. P. de Tchihatcheff, *Asie Mineure*, t. I, p. 120 et 550.

(61) [page 495]. Voy. P. de Tchihatcheff, *ibid.*, p. 580-586.

(62) [page 496]. Selon Sir Alexandre Burnes (t. III, p. 136), toute la plaine du Turkestan, dans la grande Bucharie, est élevée de 2000 pieds anglais (1876 pieds de Paris), tandis que des voyageurs russes évaluent la hauteur du plateau qui entoure Bokhara à 1116 pieds seulement. Les plaines qui forment le bassin du lac d'Aral et le khanat de Khiva n'ont vraisemblablement qu'une hauteur de quelques toises au-dessus du niveau de la mer, si même elles atteignent cette élévation. Suivant les déterminations de Burnes (t. III, p. 202), la hauteur de Balkh est d'un peu plus de 1800 pieds, celle de Delhi de 792 pieds (257 mètres), celle de Lahore de 840 (227 mètres).

(63) [page 497]. D'après mes mesures, Tobolsk est à 108 pieds (35 mètres) de hauteur; Barnaul, dans l'Altaï, à 360 pieds (117 mètres). La contrée qui borde le cours supérieur de l'Irtyche, et la Dsoungarie chinoise ont 360 pieds (253 mètres). Il ne faut pas oublier que ces points appartiennent à la partie méridionale ou centrale des plaines de la Sibérie, et que, vers le nord, ces plaines s'abaissent plus encore; la dépression a même lieu subitement. Erman a trouvé à Talbouijachtatsk, près de Iakoutsk, une hauteur de 204 pieds (66 mètres).

(64) [page 499]. Voy. Schrœn, *Ueber die Berechnung des Kubikinhaltes des Festlandes, in so fern dasselbe ueber den Meeresspiegel hervorragt*, dans le Recueil intitulé *Archiv. der Pharmacie*, t. CX, 1849, p. 1-4.

(65) [page 502]. Voy. plus haut, p. 460.

(66) [page 503]. Voy. Thomas Young, *Lectures on natural Philosophy*, 1807, t. I, p. 581.

(67) [page 503]. Laplace, *Exposition du Système du Monde*, 5e édit., p. 255.

(68) [page 504]. Bérard, *Description des côtes d'Algérie*, 1837, p. 41 et 212.

(69) [page 504]. Voy. Maury's *Sailing Directions improved and enlarged*, nov. 1851, p. 71, 87 et 0. Voy. aussi les *Directions for* 1853, p. 160-238. Les sondages à une profondeur de 8000 brasses, dont il est fait mention dans cet ouvrage (p. 235-237), reposent sur une erreur.

(70) [page 504]. Dans l'*Athenæum* anglais, 1851, n° 1226, p. 460.

(71) [page 504]. Cette immense profondeur, écrit le lieutenant Maury, a été obtenue sans que la sonde touchât le fonds. La corde se rompit avant de l'atteindre. La mer était d'ailleurs sans aucune vague, et la sonde absolument perpendiculaire; il n'y a donc pas d'erreur à craindre. « It had been very carefully measured, so that the ocean here is deeper than 5700 fathom. This vast depth, greater than the elevation of any mountain upon the surface, is the greatest depth of the ocean ever yet measured. » (Maury, p. 63). Dans l'expédition au pôle antarctique, par 15° 3′ de latitude boréale, 25° 34′ de longitude occidentale, sir James Ross avait trouvé une profondeur de 4600 brasses = 25896 pieds de Paris. Voy. *Voyage to the antarctic Regions*, t. II, p. 382.

(72) [page 505]. Cléomèdes, *Cyclica Theoria*, l. I, c. 10 (éd. Bake, Lugd. Batav., 1820, p. 69).

(73) [page 505]. Plutarque, *Vie de Paul Émile*, c. 15.

(74) [page 513]. Le mot *kapac* a, dans la langue en usage au Pérou, toutes les significations adjectives qu'indique le texte. Il signifie riche en général, et c'est de là que l'Inca Garcilaso de la Vega fait dériver le nom de *roi*, *prince*. Voy. les *Comentarios reales de los Incas*, parte I, Madrid, 1723, p. 28, 55, 145 et 273.

(75) [page 513]. Voy., sur le Capac-Urcu, Humboldt, *Essai sur la Géographie des Plantes et Tableau physique des régions équinoxiales*, 1807, p. 119, et Boussingault, dans les *Annales de Chimie et de Physique*, t. LVIII, 1835, p. 84.

(76) [page 516]. Ce fut surtout dans la première époque de la Conquête que la capitale des Aztèques fut appelée Ténochtitlan; on ne désignait toutefois sous ce nom qu'une partie de la ville, pour la distinguer de l'autre appelée Tlatelolco. D'après l'étymologie la plus naturelle, ce mot est formé de *tetl*, pierre et *nochtli*, Cactus nopal, et désigne ce qui est compris entre les nopals des pierres; mais le plus souvent, conformément à l'interprétation du Père Toribio, on a voulu exprimer par là le lieu particulier dans lequel un nopal croissait au milieu des pierres, et l'on a cité à l'appui une sentence d'oracle. D'après une troisième conjecture, Ténochtitlan voudrait dire la ville de Ténoch. Ténoch est le nom du plus célèbre des vingt princes qui, lors de la fondation de Mexico en 1325, se trouvaient à la tête de la nation mexicaine. Il est d'ailleurs singulier que le nom même de *Tenoch* signifie nopal des pierres.

(77) [Page 516]. Voy. Bernal Diaz, *Historia verdadera de la Conquista de la Nueva España*, c. 78, et le cardinal Lorenzana, *in las Cartas de Hernan Cortez*, 1770, p. 70 et 380.

(78) [page 517]. Voy. Humboldt, *Essai politique sur le royaume de la Nouvelle-Espagne*, 2e édit., t. I (1825), p. 164, et t. IV (1827), p. 16-19, et Prescott, *History of the Conquest of Mexico*, t. II, p. 43-49.

(79) [page 518]. Voy. Bernal Diaz, *Historia de la Conquista*,

l. III, c. 20, dans la traduction allemande de Rehfuss, t. I, p. 253.

(80) [Page 518]. Voy. le *Jahrbuch der Chemie und Physik* de Schweigger, 1827, t. II, p. 385.

(81) [page 518]. Ce nom paraît appartenir à l'époque de la Conquête. *Malinche* ou plus exactement *Malintzin* était, chez les Aztèques, la forme révérencieuse du nom de Maria ou doña Marina. Doña Marina était une femme née dans le pays et qui par sa connaissance des langues rendit d'éminents services à la Conquista. Voy. Humboldt, *Essai politique sur la Nouvelle-Espagne*, t. II, p. 151.

(82) [page 518]. Winslow, *Cosmography*, 1853, p. 154.

(83) [page 519]. Un coup d'œil jeté sur ma carte des fausses positions de Vera Cruz, du Pic d'Orizava, de Mexico et d'Acapulco suffit pour faire voir dans quel degré d'ignorance est restée plongée, jusqu'en 1833, la partie centrale du Nouveau Continent, en fait de géographie et de positions astronomiques. Voy. aussi mon *Atlas géographique et physique*, pl. X, et les données numériques d'après lesquelles cette carte a été dressée, dans l'*Essai politique, etc.*, 2e édit., t. I, p. 31-50 et 53-60.

(84) [page 520]. Voy. Purdy, *Colombian Navigation*, 1824, p. 198.

(85) [page 521]. Voy. Humboldt, *Recueil d'Observations astronomiques*, t. I (Disc. prélimin.), p. 133-138, et t. II, p. 495 et 537, et Oltmanns, *Untersuchungen ueber die Geographie des Neuen Continents*, t. II, p. 347-358.

(86) [page 521]. Humboldt, *Essai politique, etc.*, t. I, p. 69 et t. II, p. 173-205.

(87) [page 522]. Clavigero, *Storia antica del Messico*, t. I, p. 154.

(88) [page 524]. Je dois toutes les étymologies tirées des langues mexicaine et péruvienne, que j'ai citées dans ce chapitre, à l'amitié d'un savant linguiste, le professeur Buschmann, Conservateur à la Bibliothèque de Berlin et mon collègue à l'Académie, qui tout récemment a fait d'importantes recherches sur les dénominations géographiques en usage chez les Astèques.

FIN DU TOME PREMIER.

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

Pag.

AVERTISSEMENT DU TRADUCTEUR. VII

PRÉFACE DE L'AUTEUR. IX

CHAPITRE I. Premier Mémoire sur les volcans du plateau de Quito. 1

CHAPITRE II. Deuxième Mémoire sur les volcans du plateau de Quito. 46

CHAPITRE III. Ascension du volcan Pichincha par la Condamine et Bouguer (1742). 81

CHAPITRE IV. Descente au cratère du Pichincha par M. Sébastien Wisse (1845). 88

CHAPITRE V. Description du plateau de Bogata. 114

CHAPITRE VI. Première ascension au Chimborazo (1802). . . 150

CHAPITRE VII. Deuxième ascension au Chimborazo par M. Boussingault (1831). 185

CHAPITRE VIII. Des lignes isothermes et de la distribution de la chaleur sur le globe terrestre (1817). 218

Tables des bandes isothermes. 346

Pag.

CHAPITRE IX. Expériences sur les moyens eudiométriques et sur la proportion des principes constituants de l'atmosphère (1805). 372

CHAPITRE X. Sur l'accroissement nocturne de l'intensité du son (1820). 433

Appendice (1853). 444

CHAPITRE XI. De la hauteur moyenne des continents. 459

CHAPITRE XII. Description des planches contenues dans l'Atlas des Cordillères de Quito et du Mexique. 507

PARIS. — IMPRIMÉ PAR E. THUNOT ET Cᵉ,
rue Racine, 26, près de l'Odéon.

Les MÉLANGES DE GÉOLOGIE ET DE PHYSIQUE GÉNÉRALE sont un recueil des Mémoires les plus intéressants que M. de Humboldt a publiés à diverses époques de sa vie sur des sujets très-variés ; on a joint, par des notes et par des appendices, il a ramenés au niveau actuel des connaissances.

Ces Mélanges, où l'auteur a développé certaines parties de la science qui ne pouvaient occuper dans le *Cosmos* qu'une place restreinte, sont un utile complément de cet admirable ouvrage.

Les MÉLANGES DE GÉOLOGIE ET DE PHYSIQUE GÉNÉRALE formeront deux volumes in-8°.

Chaque volume se vend séparément . . . . . 9 fr.

VOLCANS DES CORDILLÈRES DE QUITO ET DU MEXIQUE, par ALEXANDRE DE HUMBOLDT. 1 vol. in-4° oblong composé de 12 planches gravées en taille-douce avec le plus grand soin. Prix. 6 fr.

Cet Atlas offre aux regards des contours et l'aspect pittoresque des montagnes que l'on a crues longtemps les plus élevées du globe, et sur lesquelles M. de Humboldt est parvenu à des hauteurs que nul n'avait atteintes avant lui ; publié avec le premier volume des *Mélanges de Géologie et de Physique générale*, et se vendant aussi séparément, il est presque indispensable à l'intelligence de ce livre et peut aider à bien comprendre plusieurs des ouvrages antérieurs de M. de Humboldt.

COSMOS, Essai d'une description physique du monde, par ALEXANDRE DE HUMBOLDT, traduit par H. FAYE, membre de l'Institut, et CH. GALUSKY. 4 volumes in-8°.

Chaque volume se vend séparément. . . . . . 10 fr.

TABLEAUX DE LA NATURE, nouvelle édition avec changements et additions importantes, et accompagnée de notes, par ALEXANDRE DE HUMBOLDT, traduite sous sa direction par CH. GALUSKY. 2 volumes in-12, avec sept cartes. PRIX. . . . . 7 fr.

VOYAGE AUX RÉGIONS ÉQUINOXIALES DU NOUVEAU CONTINENT, par ALEXANDRE DE HUMBOLDT :

Relation du voyage. — Atlas géographique et physique. — Examen critique de l'histoire et de la géographie du Nouveau-Continent. — Uranométrie. — Zoologie et Anatomie comparée. — Mélastomes et Rhexies. — Mimoses. — Nova Genera Plantarum. — Vues des Cordillères. — Plantes équinoxiales. — Essai politique sur l'île de Cuba. — Essai politique sur la Nouvelle-Espagne. (*Voir, pour les détails de ces divers ouvrages, le Catalogue général de MM. Gide et J. Baudry.*)

PARIS. — IMPRIMÉ PAR E. THUNOT ET C., RUE RACINE, 26.